



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI – UNIVATES  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ESTUDO DE ARRANJO FÍSICO DOS SETORES DE  
CONGELAMENTO E EXPEDIÇÃO EM ABATEDOURO DE AVES  
POR MEIO DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS**

Rodrigo Luis Lagemann

Lajeado, novembro de 2017

Rodrigo Luis Lagemann

**ESTUDO DE ARRANJO FÍSICO DOS SETORES DE  
CONGELAMENTO E EXPEDIÇÃO EM ABATEDOURO DE AVES POR  
MEIO DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS**

Trabalho de Conclusão de Curso Etapa II,  
como parte da exigência para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia de Produção  
da Universidade do Vale do Taquari –  
UNIVATES.

Orientador: Prof. William Jacobs

Lajeado, novembro de 2017

## **AGRADECIMENTOS**

Ao término deste trabalho, registro aqui o meu agradecimento especial aos meus pais, Miriam e Fritz, que me educaram e apoiaram em todos os momentos para chegar até aqui, e também ao meu irmão Rafael.

À minha esposa Karen, que esteve sempre presente ao meu lado, incentivando-me, apoiando e auxiliando no desenvolvimento deste projeto, mantendo a calma para suportar minha ausência.

Aos amigos, colegas de universidade e de trabalho, pelo apoio, auxílio e compreensão durante a realização deste trabalho. Em especial ao meu amigo, Vladimir Fay da Silva pela iniciativa e ajuda na escolha do curso superior de Engenharia de Produção.

Aos todos os professores da UNIVATES, ao coordenador do Curso de Engenharia de Produção Professor Manfred Costa e em especial ao meu orientador William Jacobs pela paciência, atenção e disponibilidades a mim dedicados.

## RESUMO

O cenário econômico atual com grande dificuldade financeira e a concorrência desleal, vêm exigindo que as empresas façam mudanças nos arranjos físicos de suas plantas fabris, visando reduzir custos operacionais e otimizar seu processo produtivo. Este trabalho tem por objetivo analisar o arranjo físico, com auxílio da simulação de eventos discretos, para os setores de congelamento e expedição em um abatedouro de aves. Inicialmente foi realizado a modelagem do processo, após foi realizado a cronometragem das atividades, e com os dados coletados foi construído a Curva ABC, Diagrama de Produto-quantidade, Fluxograma, Mapofluxograma e Diagrama de Afinidades do arranjo atual e do novo arranjo físico. Por meio da simulação de eventos discretos e do *software* ProModel foi realizado a modelagem do arranjo físico atual, após foi proposto um novo arranjo físico para a planta fabril e ao final comparados os dois arranjos físicos. Estas ferramentas são importantes na projeção de arranjos físicos de sistemas produtivos, inicialmente simulados via *software* na plataforma computacional e após, se aprovados, implantados na planta fabril, reduzindo com isso o risco de implantação. O estudo demonstrou que o novo arranjo físico se adapta a planta fabril e com a implantação deste empreendimento terá infinitas vantagens competitivas, desde melhora significativa da qualidade do produto, ganhos financeiros, melhor eficiência energética, menor custo por quilo de produto congelado, aumento da automação do processo e melhoria no processo de produção.

**Palavras-chave:** Arranjo físico, simulação de eventos discretos, ProModel, abatedouro de aves.

## **ABSTRACT**

The current economic scenario, with great financial difficulty and unfair competition have been demanding that companies make changes in the physical arrangements of their plants, in order to reduce operating costs and optimize their production process. This project aims to analyze the physical arrangement, with the aid of discrete events simulation, for the freezing and expedition sectors in a poultry slaughterhouse. Initially, it was performed the modeling of the process, after that, the activities were timed and with the data collected it was produced the ABC Curve, Product-Quantity Diagram, Flowchart, Map Flowchart and Affinity Diagram of the current arrangement and the new physical arrangement. Through the simulation of discrete events and ProModel software, the modeling of the current physical arrangement was performed, after that, a new physical arrangement was proposed for the factory plant and at the end the two physical arrangements were compared. These tools are important in the projection of physical arrangements of productive systems, initially simulated via software in the computational platform and after, if approved, implanted in the production plant, reducing the risk of the implantation. The study showed that the new physical arrangement adapts to the factory plant and with this implementation, it will have infinite competitive advantages, from significant improvement of product quality, financial gains, better energy efficiency, frozen product lower cost per kilo, increase of automation process and improvement in the production process.

**Keywords:** Physical arrangement, discrete event simulation, ProModel, poultry slaughterhouse.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Túnel de congelamento por gaiolas.....	17
Figura 2 – Túnel contínuo de congelamento .....	18
Figura 3 – Esquema de funcionamento do sistema de congelamento .....	19
Figura 4 – Volume versus variedade .....	20
Figura 5 – Relação entre tipos de processo versus arranjo físico .....	21
Figura 6 – Processo de projeto .....	22
Figura 7 – Processo por tarefa .....	23
Figura 8 – Processo por lote .....	23
Figura 9 – Processo em massa.....	24
Figura 10 – Processo contínuos.....	25
Figura 11 – Arranjo físico posicional.....	26
Figura 12 – Vantagens e desvantagens do arranjo físico posicional.....	26
Figura 13 – Arranjo físico por processo .....	27
Figura 14 – Vantagens e desvantagens do arranjo físico por processo .....	27
Figura 15 – Arranjo físico celular.....	28
Figura 16 – Vantagens e desvantagens do arranjo físico celular.....	29
Figura 17 – Arranjo físico em linha.....	29
Figura 18 – Vantagens e desvantagens do arranjo físico em linha.....	30
Figura 19 – Técnicas e ferramentas utilizadas para elaboração de arranjos físicos .....	31
Figura 20 – Simbologia do processo industrial no fluxograma.....	34
Figura 21 – Fluxograma .....	34
Figura 22– Mapofluxograma .....	35

Figura 23 – Diagrama de afinidades.....	36
Figura 24 – Curva ABC.....	36
Figura 25 – Metodologias de simulação.....	38
Figura 26 – Exemplo da técnica IDEF-SIM.....	42
Figura 27 – Simbologia utilizada na técnica IDEF-SIM.....	42
Figura 28 – Passos para desenvolvimento de um projeto.....	49
Figura 29 – Planejamento da pesquisa.....	49
Figura 30 – Tipos de pesquisa científica e da presente pesquisa.....	50
Figura 31– Planejamento do método de pesquisa.....	52
Figura 32– Fluxo das etapas de um abatedouro de aves.....	54
Figura 33– Foto atual do setor.....	56
Figura 34– Foto atual do setor.....	56
Figura 35 – Fluxograma atual.....	57
Figura 36 – Mapofluxograma atual.....	58
Figura 37 – % de produção por corte de frangos.....	59
Figura 38 – Atividades executadas no processo de produção e suas respectivas afinidades ...	60
Figura 39 – Modelo conceitual atual utilizando a técnica IDEF-SIM.....	61
Figura 40 – Arranjo físico atual no software Promodel.....	62
Figura 41 – Novo Fluxograma.....	63
Figura 42 – Novo Mapofluxograma.....	64
Figura 43 – Atividades do novo processo de produção e suas respectivas afinidades.....	66
Figura 44 – Novo modelo conceitual utilizando a técnica IDEF-SIM.....	67
Figura 45 – Novo arranjo físico no software Promodel.....	68

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Produção mundial de carne de frango em 2016.....	15
Gráfico 2 – Exportação mundial de carne de frango em 2016.....	16
Gráfico 3 – Consumo mundial de carne de frango em 2016.....	16
Gráfico 4 – Gráfico P-V.....	33
Gráfico 5 – Abate diário e tendência de crescimento.....	55
Gráfico 6 – Volume de abate diário.....	69
Gráfico 7 – Faturamento anual.....	70
Gráfico 8 – Número de colaboradores.....	71

Gráfico 9 – Consumo energético mensal.....	72
Gráfico 10 – Custo energético + mão-de-obra .....	73
Gráfico 11 – Distância total percorrida por caixa.....	74
Gráfico 12 – Tempo de atravessamento .....	75

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Fluxo do processo atual com respectivos tempos cronometrados.....	59
Tabela 2 - Fluxo do novo processo.....	65
Tabela 3 - Custo de implantação do novo arranjo físico .....	73



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	Tema.....	12
1.2	Objetivos.....	12
1.3	Justificativa e relevância do trabalho .....	12
1.4	Delimitação do trabalho .....	13
1.5	Estrutura do trabalho.....	14
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1	O mercado de carne de frangos.....	15
2.2	Sistemas de congelamento.....	16
2.3	Estudo de arranjo físico .....	19
2.3.1	Processos de produção.....	21
2.3.2	Tipos básicos de arranjo físico.....	25
2.3.3	Técnicas para arranjo físico .....	30
2.4	Simulação de eventos discretos.....	37
2.4.1	Objetivos e definição do sistema.....	38
2.4.2	Modelo abstrato .....	39
2.4.3	Dados de entrada .....	39
2.4.4	Modelo Conceitual.....	41
2.4.5	Implementação do modelo no simulador.....	44
2.4.6	Verificação e validação.....	45
2.4.7	Resultados experimentais.....	45
2.5	Indicadores de desempenho de arranjo físico .....	46

<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>48</b>
3.1	Delineamento da pesquisa .....	48
3.2	Planejamento do método .....	51
<b>4</b>	<b>PROPOSTA DE ARRANJO FÍSICO EM ABATEDOURO DE AVES: ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>53</b>
4.1	Apresentação da empresa .....	53
4.2	Estudo do arranjo físico atual .....	55
4.2.1	Modelo conceitual atual dos setores de congelamento e expedição.....	60
4.3	Proposta de melhoria do arranjo físico .....	63
4.3.1	Novo modelo conceitual dos setores de congelamento e expedição.....	66
4.4	Comparativo entre os dois cenários .....	69
4.4.1	Indicador de capacidade de produção .....	69
4.4.2	Indicador de faturamento .....	70
4.4.3	Indicador de número de colaboradores.....	71
4.4.4	Indicador de eficiência energética .....	71
4.4.5	Indicador de custo por quilo de produto congelado .....	72
4.4.6	Indicador <i>payback</i> .....	73
4.4.7	Indicador de distância total percorrida .....	74
4.4.8	Indicador de tempo de atravessamento .....	74
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>76</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>78</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>81</b>
	<b>ANEXO A – Autorização da empresa .....</b>	<b>82</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As dificuldades que várias organizações passam, visto as condições econômicas brasileira e até mundial, fazem com que empresas reduzam o número de postos de trabalho e, cada vez mais, busquem melhorar seus processos produtivos via utilização de tecnologias que colaboram para o aumento da eficiência da empresa como um todo. A melhoria do arranjo físico representa uma maneira para a determinação do melhor modelo a ser aplicado, havendo a necessidade de se utilizar a simulação de eventos discretos para auxiliar na tomada de decisão.

Um bom arranjo físico proporciona à indústria várias vantagens competitivas em relação às concorrentes. São exemplos: segurança inerente, extensão do fluxo, clareza de fluxo, conforto para os funcionários, coordenação gerencial, acessibilidade, uso de espaço e flexibilidade.

Segundo Tomelin (2010), o melhor arranjo físico é aquele que tende a encurtar a distância entre os colaboradores, ferramentas e postos de trabalho nas diversas operações de fabricação. Adequar o melhor tipo de arranjo físico a ser utilizado é o mais importante, pois viabiliza a redução de custos de produção, aumento de produtividade, e consequentemente maior eficiência.

A simulação de eventos discretos, juntamente com os *softwares* de simulação, são ferramentas desenvolvidas para tornar os sistemas mais eficientes, onde são realizados estudos na plataforma computacional de futuros arranjos físicos, para posterior implementação do projeto na unidade fabril.

Em virtude das grandes mudanças no mundo atual, as empresas têm buscado a melhoria total em seus processos produtivos e nas suas plantas fabris, como: redução dos custos de produção, diminuição das perdas por movimentação, espera e transporte de produtos, otimização do processos de produção, redução das perdas existentes no processo e de produtos, diminuição de estoques no processo e redução de produtos defeituosos. Em virtude destes fatos, a empresa em estudo está focada na melhoria do seu sistema de congelamento e expedição, mas desconhece o arranjo físico ideal a ser implementado. Com isto, qual seria o melhor arranjo físico para estes setores do abatedouro de aves em estudo?

### **1.1 Tema**

O tema desta monografia é o estudo do arranjo físico dos setores de congelamento e expedição num determinado abatedouro de aves com auxílio da simulação eventos discretos.

### **1.2 Objetivos**

O objetivo geral deste estudo é verificar o melhor arranjo físico, com auxílio da simulação de eventos discretos, para os setores de congelamento e expedição em um abatedouro de aves.

A partir do objetivo geral, são desdobrados os seguintes objetivos específicos:

- Revisar a literatura sobre arranjos físicos e simulação de eventos discretos;
- Desenvolver proposta de arranjo físico dos setores de congelamento e expedição da planta fabril em estudo;
- Simular o arranjo físico proposto por meio da simulação de eventos discretos;
- Comparar e analisar os resultados dos modelos de simulação.

### **1.3 Justificativa e relevância do trabalho**

Atualmente, as empresas estão focadas na redução de custos, com isto se verifica a necessidade de implantação de novos arranjos físicos nas unidades fabris. Para auxiliar os gestores, a simulação de eventos discretos e os *softwares* servem como ferramentas para o

desenvolvimento dos arranjos físicos na plataforma computacional, antes da implantação real na planta fabril.

Segundo Bateman *et al.* (2013), inicialmente deve-se realizar a experimentação com um modelo de simulação de eventos discretos na plataforma computacional, e só depois disso, executar a mudança no arranjo físico fabril.

A escolha da empresa Carrer Alimentos, que atua na área de abatedouro de aves, se dá pelo fato de possuir uma planta industrial que iniciou suas atividades em 1999 e desde lá vem ampliando a área fabril. O aumento gradativo da produção ao longo dos anos tornou necessária a mudança do sistema de congelamento atual por gaiolas para um sistema de congelamento contínuo. Esta alteração envolve vultuoso investimento de recursos e a alteração do arranjo físico do abatedouro. Através do uso do estudo do arranjo físico e da simulação de eventos discretos é possível modelar a variabilidade do sistema e demonstrar o melhor funcionamento do fluxo dentro da unidade fabril, sem colocar em risco investimentos e futuros rearranjos para corrigir falhas de projeto. A Carrer Alimentos busca a melhoria contínua da qualidade de seus produtos e processos, a redução de custos, a otimização da forma de trabalho para os seus colaboradores e a entrada de novas tecnologias em sua planta fabril.

Com o estudo, pretende-se apresentar à empresa a importância do arranjo físico, que pode ser um diferencial junto à concorrência, demonstrando a sua grande importância nos projetos industriais uma vez que resulta, quando bem implantado, na diminuição dos custos de produção e melhoria da qualidade do produto.

#### **1.4 Delimitação do trabalho**

O presente trabalho apresenta um estudo do arranjo físico do sistema de congelamento e expedição em uma empresa do ramo alimentício de abatedouro de aves. Não serão considerados no estudo aspectos referentes à quebra de máquinas e também pessoas que deixam seus postos de trabalho para fazerem outras atividades, em virtude de não possuir tal estatística na empresa e pelo alto índice de rotatividade de pessoas que dificulta a coleta dos dados.

## **1.5 Estrutura do trabalho**

Este trabalho está organizado em cinco capítulos. O primeiro capítulo aborda a introdução, que é composta pelo tema e objetivos, justificativa, relevância e delimitações da monografia. O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico, onde são abordados os seguintes temas: o mercado de carne de frangos, sistemas de congelamento, projeto de arranjo físico, simulação de eventos discretos e indicadores de desempenho. No terceiro capítulo é descrita a metodologia utilizada e apresentado o cronograma de atividades. No Capítulo 4 é apresentado a empresa, o estudo do arranjo físico atual, a proposta de melhoria do arranjo físico e o comparativo entre os dois cenários. O Capítulo 5 apresenta as considerações finais sobre este trabalho realizado com os resultados encontrados.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

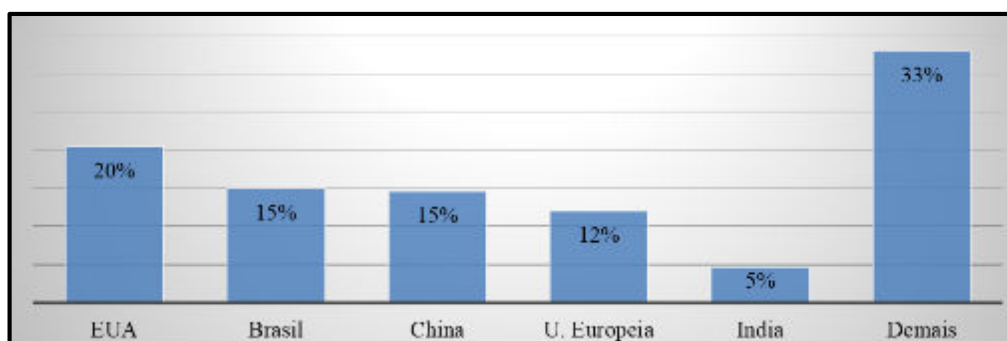
Neste capítulo são abordados os seguintes temas: o mercado de carne de frangos, sistemas de congelamento, projeto de arranjo físico, simulação de eventos discretos e indicadores de desempenho.

### 2.1 O mercado de carne de frangos

A avicultura de corte é muito representativa para o Brasil, pois no ano de 2016 foram abatidos 5,86 bilhões de aves, totalizando 13,6 milhões de toneladas de carne de frango (CNA BRASIL, 2017).

A Associação Gaúcha de Avicultura (ASGAV) cita que em 2016 a produção mundial de carne de frango chegou a 89,3 milhões de toneladas, ocasionando um incremento de produção de 1,58% em relação a 2015, quando foram produzidas 87,9 milhões de toneladas. No Gráfico 1 são apresentados os maiores produtores mundiais de carne de frango em 2016, destacando o Brasil em segundo lugar entre os maiores produtores mundiais.

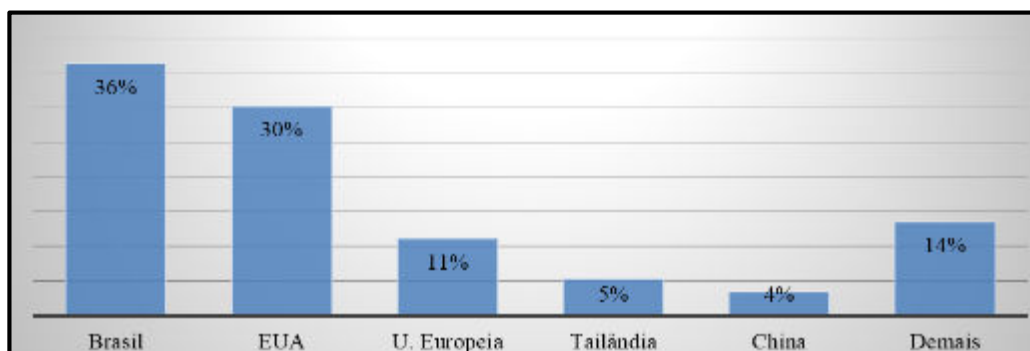
Gráfico 1 – Produção mundial de carne de frango em 2016



Fonte: Adaptado pelo autor de ASGAV (2017)

O Gráfico 2 apresenta os países exportadores de carne de frangos, que em 2016 exportaram 10,6 milhões de toneladas, sendo o Brasil o maior exportador, com uma receita de US\$ 6,6 bilhões de dólares (AVISITE, 2017; CNA BRASIL, 2017).

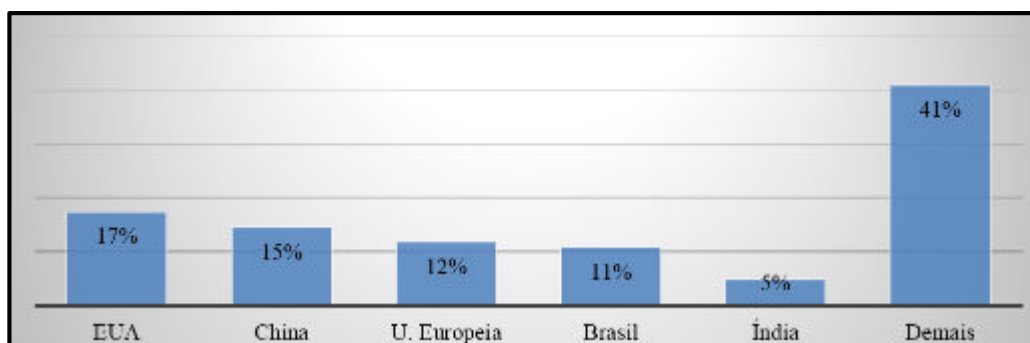
Gráfico 2 – Exportação mundial de carne de frango em 2016



Fonte: Adaptado pelo autor de ASGAV (2017)

Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), em 2016 o consumo mundial de carne de frangos foi dividido conforme Gráfico 3. Apesar de o Brasil ser segundo maior produtor e o maior exportador, o consumo brasileiro é de 46 kg de carne de frango por habitante, sendo apenas o quarto em consumo (CNA BRASIL, 2017).

Gráfico 3 – Consumo mundial de carne de frango em 2016



Fonte: Adaptado pelo autor de USDA (2017)

Tamãha seja a produção, surge à necessidade de uma forma de preservação, sendo uma delas o congelamento.

## 2.2 Sistemas de congelamento

Conforme Stoecker e Jabardo (2002) e Negri *et al.* (2005), o objetivo do congelamento do alimento é a preservação de suas características, retardando ou inibindo os processos de



mudanças de suas características e suas reações químicas, e retardando ao máximo o crescimento microbiano, inclusive a degradação normal do alimento.

Segundo Negri *et al.* (2005), para o congelamento de carnes deve-se escolher alimentos resfriados, que possuam procedência e inspeção sanitária. O congelamento das carnes não irá melhorar a sua qualidade, mas sim preservá-la, por isto é necessário executá-lo corretamente e no menor tempo possível.

O congelamento de alimentos possui como vantagens a conservação das características organolépticas (cor, brilho, luz, odor, textura e sabor) e nutritivas dos alimentos, minimiza as ações desfavoráveis de microrganismos e enzimas, assegura a sua qualidade além de proporcionar disponibilidade de alimentos sazonais para consumo o ano todo, conforto, praticidade e economia de tempo (NEGRI *et al.*, 2005).

Para Stoecker e Jabardo (2002), o método mais utilizado para congelamento de alimentos é de túneis com ar a alta velocidade, ou *air-blast*, onde o produto é congelado por contato no menor tempo possível, sem a formação de microcristais de gelo no seu interior.

O sistema de congelamento por gaiolas, conforme Figura 1, consiste em dispor manualmente as gaiolas ou prateleiras com o produto embalado dentro do túnel de congelamento, e posterior retirada manual de todas as gaiolas.

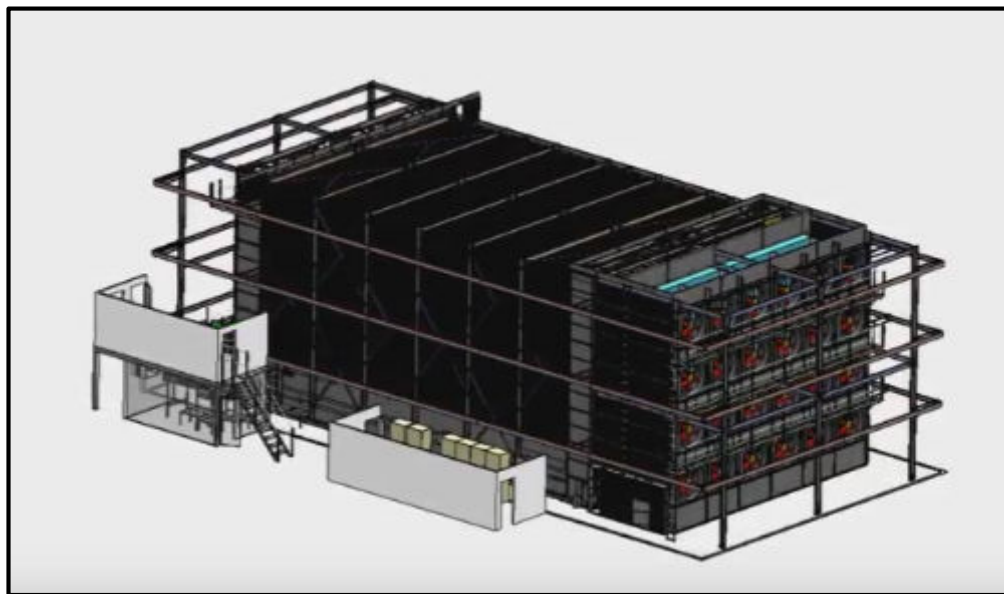
Figura 1 – Túnel de congelamento por gaiolas



Fonte: Registro fotográfico do autor (2017).

No sistema contínuo de congelamento (Figura 2), o processo é automatizado, sendo o produto encaixotado disposto no túnel por esteiras e ocupados todos os espaços vazios. O produto congelado somente sai do túnel quando um novo produto ocupar o seu lugar.

Figura 2 – Túnel contínuo de congelamento



Fonte: Mebrafe (2017)

Os sistemas de congelamento demandam líquidos refrigerantes. Conforme Stoecker e Jabardo (2002), a maioria das instalações industriais utilizam o gás amônia como líquido refrigerante pois apresenta inúmeras vantagens se comparado aos demais refrigerantes halogenados. Dentre elas, destacam-se: custo 10 a 40 vezes menor, o que ocasiona em menor investimento no sistema; densidade inferior (metade), exigindo menores instalações; calor latente de vaporização de 1/7 vezes superior, o que implica em menores potências de bombeamento; permite a presença de pequenas quantidades de água no sistema, sem o congelamento das válvulas e controles de nível; possui odor característico, o que ocasiona fácil detecção de vazamentos. Os autores acima, citam que a única desvantagem no uso da amônia como líquido refrigerante é sua toxicidade.

No congelamento ou na refrigeração industrial também são utilizados diferentes tipos de compressores, destacando-se os alternativos, rotativos parafusos, de palhetas e centrífugos. Nas indústrias de alimentos que utilizam a amônia como líquido refrigerante, os compressores mais usuais são os alternativos e rotativos parafusos (STOECKER; JABARDO, 2002).

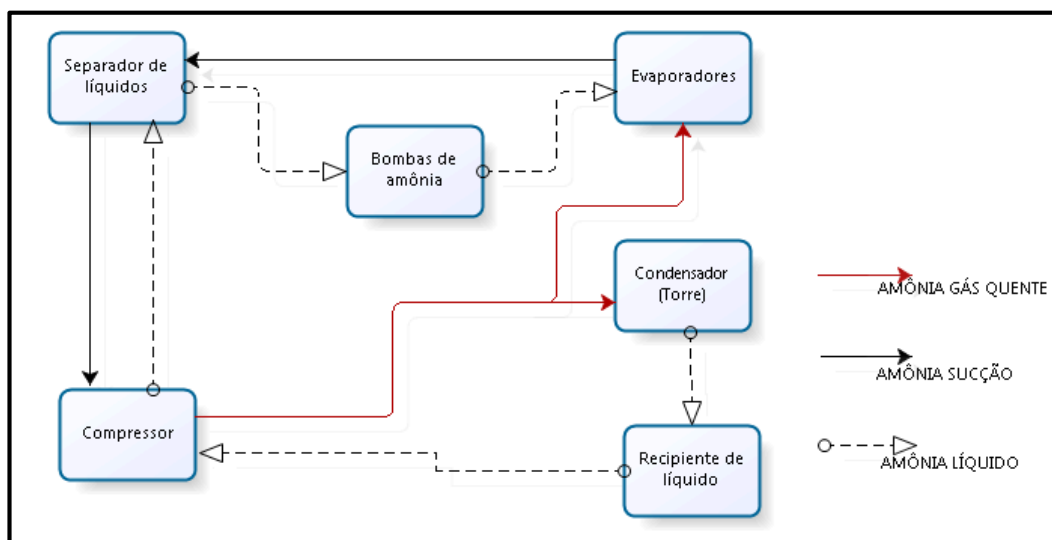
Para Stoecker e Jabardo (2002), o compressor alternativo de múltiplos estágios é acionado por um eixo que atravessa a carcaça do compressor e este é ligado a um motor, por

este tipo de montagem, ele possuindo muitas peças móveis. Este tipo de compressor apresenta maior eficiência na refrigeração industrial até a faixa de 300 kW, sendo recomendado o compressor rotativo acima desta potência. O compressor alternativo é de fáceis montagem/desmontagem e manutenção. Este tipo de equipamento também é recomendado quando se necessita controle de capacidade, pois podem ser desativados cilindros.

Já o compressor rotativo parafuso é um equipamento de porte menor que possui menor número de partes móveis, maior eficiência em condição de maior carga e menor eficiência em condição de carga parcial. Este tipo de equipamento é mais confiável e capaz de operar por anos seguidos sem manutenção, somente com periódica manutenção preditiva através de análise de vibração de algumas partes (STOECKER; JABARDO, 2002).

A Figura 3 esquematiza o fluxo de funcionamento do sistema de congelamento com uso do líquido refrigerante amônia.

Figura 3 – Esquema de funcionamento do sistema de congelamento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

O sistema de congelamento é uma fase importante de um processo produtivo de abatedouro de aves, por isto deve-se determinar corretamente o tipo de processo de congelamento e o arranjo físico do sistema.

### 2.3 Estudo de arranjo físico

Para Tomelin (2010), arranjo físico é definido com a disposição dos recursos de produção e sua interação em um determinado espaço físico, observando também que gere

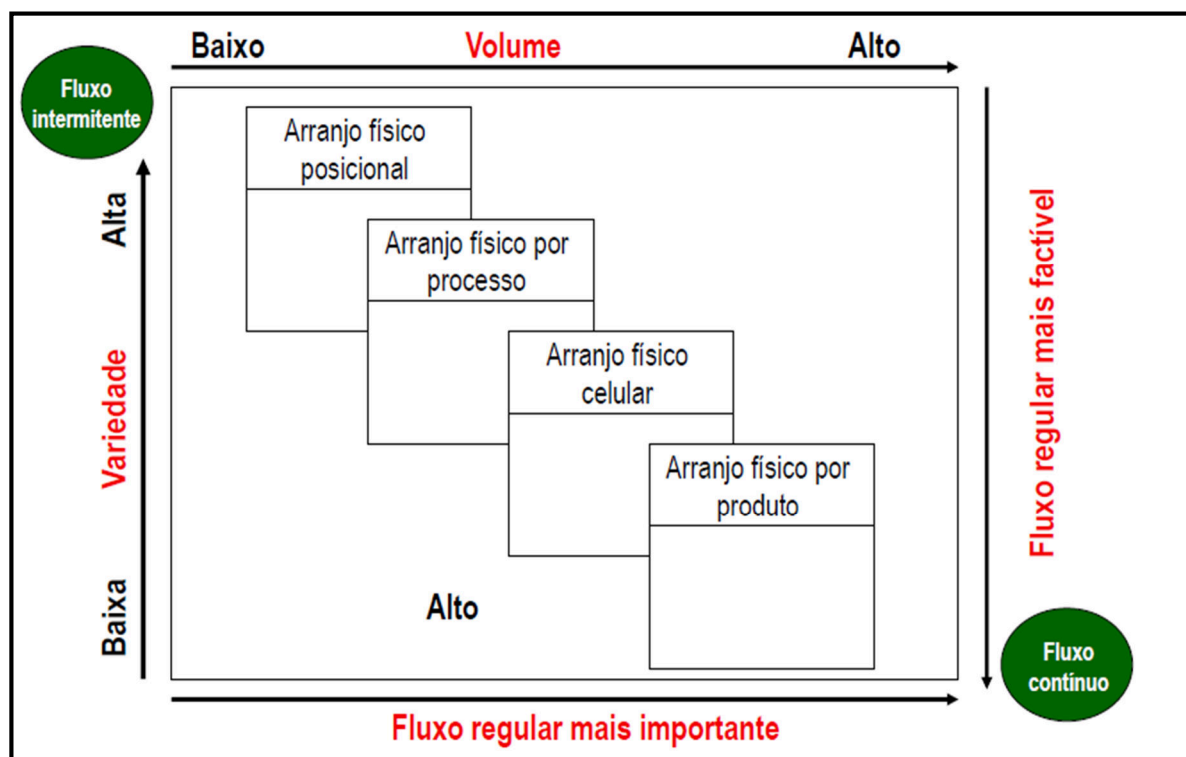
fluxo de produção e consequentemente não forme gargalos ou dificuldades de fluxo. Esta disposição é representada pelas dimensões dos recursos e pelas dimensões necessárias para operação, manutenção e abastecimento dos produtos a serem processados e seu escoamento após o processo.

O melhor arranjo físico é aquele que tende a encurtar a distância entre os operários e ferramentas, nas diversas operações de fabricação. Adequar o melhor tipo de arranjo físico a ser utilizado é o mais importante, pois quando adequado se consegue diminuir os custos de produção, aumentar a produtividade e com isto obter máxima eficiência.

Segundo Slack *et al.* (2008), o arranjo físico normalmente possui um custo muito alto de implantação, por isto é necessário ter a certeza qual processo de produção será usado. Um arranjo físico eficaz torna o processo de produção claro, transparente e organizado, e com isto o fluxo entre as atividades é evidenciado por todos.

O tipo de arranjo físico é determinado pelo tipo de produto, tipo de processo de produção e pelo volume de produção, conforme apresentado na Figura 4. O arranjo físico posicional possui baixo volume, alta variedade e fluxo intermitente, já o arranjo físico por produto possui alto volume, baixa variedade e fluxo contínuo.

Figura 4 – Volume versus variedade



Fonte: Slack *et al.* (2009, p. 192).

Os processos de fabricação e de serviço se relacionam com os tipos de arranjo físico. A Figura 05 indica os tipos de arranjo físico com os processos de produção indicado.

Figura 5 – Relação entre tipos de processo versus arranjo físico

Tipos de arranjo físico	Descrição do arranjo físico	Tipos de processos de produção	Descrição do processo de produção
Arranjo físico posicional ou posição fixa	é o arranjo físico onde o produto que será montado fica parado e se recursos transformadores se movem.	Processo de projeto	é o processo onde os produtos são elaborados conforme o projeto e customizados, com baixo volume e alta variedade.
		Processo de jobbing ou tarefa	é o processo onde os produtos são elaborados conforme o projeto e dimensões menores, com baixo volume e alta variedade.
Arranjo físico funcional ou por processo	é o arranjo físico onde os recursos transformadores são agrupados em seções conforme as suas funções desempenhadas, onde os produtos passam por estas seções.	Processo de jobbing ou tarefa	é o processo onde os produtos são elaborados conforme o projeto e dimensões menores, com baixo volume e alta variedade.
		Processo de lote ou batelada	é o processo onde os produtos são elaborados em lotes, em menor variedade e maior volume.
Arranjo físico celular ou tecnologia de grupo	é o arranjo físico onde os recursos transformadores são agrupados em células, onde os produtos passam por estas células para execução de determinadas tarefas.	Processo de lote ou batelada	é o processo onde os produtos são elaborados em lotes, em menor variedade e maior volume.
		Processo em massa	é o processo onde produzem bens de alto volume e pequena variedade, onde as operações são repetitivas e previsíveis.
Arranjo físico por produto ou linha	é o arranjo físico onde os recursos transformadores são colocados em linha, onde os produtos passam para serem transformados.	Processo em massa	é o processo onde produzem bens de alto volume e pequena variedade, onde as operações são repetitivas e previsíveis.
		Processo contínuos	é o processo onde se produz bens de maior volume e com menor variedade, com tecnologias inflexíveis e alto capital

Fonte: Adaptado pelo autor de Slack *et al.* (2009, p. 184).

Para Francis (1974) e Tomelin e Colmenero (2010), os principais objetivos para estudo de um arranjo físico são: diminuir o tempo total de produção, diminuir o investimento e o número de equipamentos, melhorar o aproveitamento do espaço físico, garantir a segurança e conforto dos colaboradores, minimizar o custo de manuseio de materiais, assegurar a flexibilidade do processo produtivo e sua estrutura organizacional.

### 2.3.1 Processos de produção

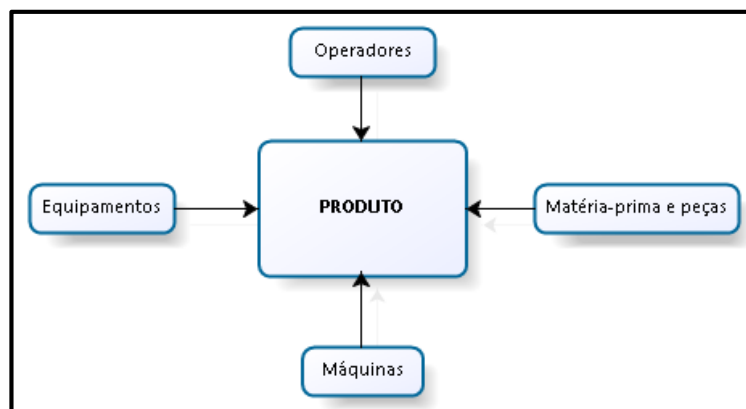
Segundo Slack *et al.* (2008), os tipos de processos de produção são conjuntos de tarefas executadas no processo e o gerenciamento das atividades, ocorre uma sobreposição entre elas.

Conforme Slack *et al.* (2009), os processos de manufatura são divididos em: processos de projeto, processos por tarefa, processos por lotes, processos em massa e processos contínuos.

### 2.3.1.1 Processos de projeto

Segundo Slack *et al.* (2008), os processos de projeto são destinados a produtos distintos altamente personalizados ou customizados. Normalmente o tempo de fabricação e seu intervalo até conclusão é longo. Esse processo tem como característica alta variedade e baixo volume. Em quase todos os projetos ocorre modificações de atividades durante o projeto, pela inexperiência dos colaboradores. Cada trabalho tem início e fim bem definidos. A Figura 6, representa o processo de projeto.

Figura 6 – Processo de projeto



Fonte: Adaptado pelo autor de Ritzman e Krajewski (2004, p.31).

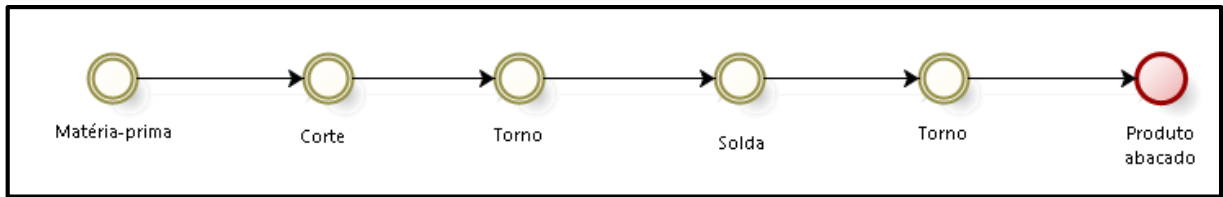
Conforme Ritzman e Krajewski (2004), os processos de projeto são únicos, sendo realizado por encomenda, especificamente para atender cada pedido dos clientes, que tendem a serem complexos exigindo longo tempo para implantação e normalmente muito grandes.

Exemplos de processos de projeto são realizados por: fabricantes de aviões, fabricantes de navios, agências de propaganda, empresas de instalação de sistemas de computação, etc.

### 2.3.1.2 Processos de *jobbing* ou por tarefa

Para Ritzman e Krajewski (2004), o processo por tarefa é realizado por encomenda e com grande variedade, o que ocasiona uma sequência de etapas de produção diferentes e cria diversos fluxos de produção ao longo de sua fabricação, normalmente produtos de pequeno porte. A Figura 7, apresenta o processo por tarefa.

Figura 7 – Processo por tarefa



Fonte: Adaptado pelo autor de Ritzman e Krajewski (2004, p.32)

Neste processo por tarefa se tem característica de alta variedade e baixo volume, mas o que diferencia do anterior é que nele os recursos de operação são compartilhados com diversos outros. O grau de repetição é baixo neste tipo de processo. Os mapas de processos de *jobbing* são menores e menos complexos comparados com processo de projeto (Slack *et al.*, 2008).

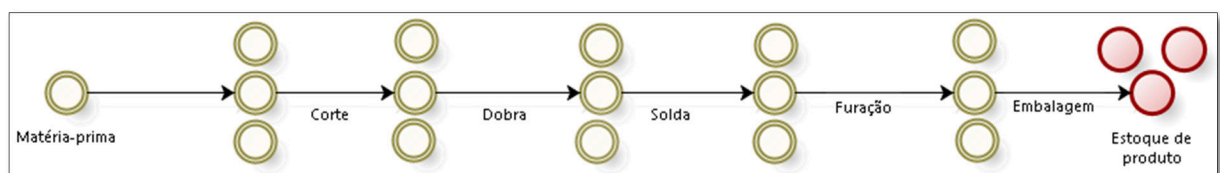
Exemplos de processos por tarefa: alfaiates, restaurantes, prestação de serviços com tornos mecânicos, etc.

### 2.3.1.3 Processos por lote ou batelada

Conforme Slack *et al.* (2008) o processo por lote é parecido ao processo de *jobbing*, mas o que diferencia é o seu menor grau de variedade. Normalmente são produzidos mais de um lote por vez. Neste tipo de processo o mapa de processo é fácil de ser feito, por causa que as rotas de fabricação são parecidas.

Nos processos por lote, os produtos produzidos ou montados possuem um volume de produção maior, variedade de produção menor e uma qualidade maior. O fluxo de produção é mais ordenado, possuindo menor número de trajetórias, iniciando um fluxo de produção em linha em alguns momentos, conforme apresentado na Figura 8 (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004).

Figura 8 – Processo por lote



Fonte: Adaptado pelo autor de Ritzman e Krajewski (2004, p.33)

Exemplos de processo por lote: fabricantes de máquinas-ferramentas, fabricantes de peças de automóveis, fabricantes de comidas congeladas especiais, fornos de fundição, etc.

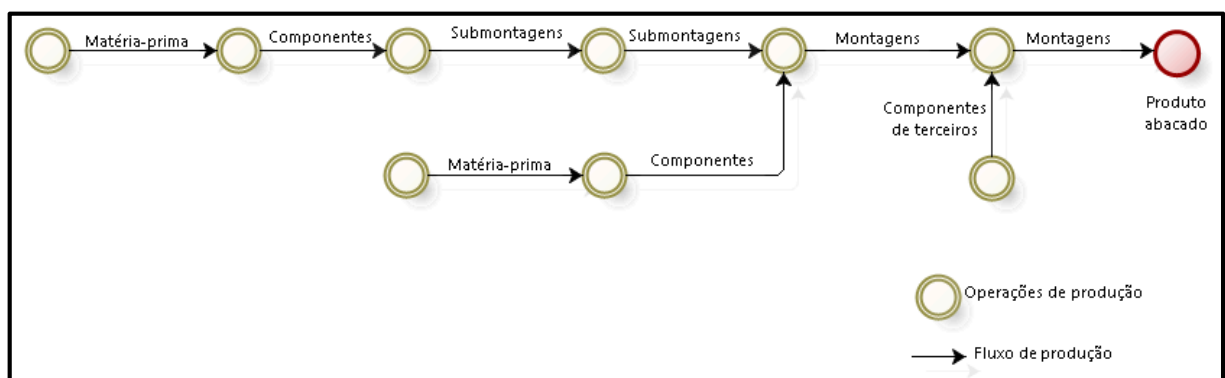
#### 2.3.1.4 Processos em massa

Para Slack *et al.* (2008), processos em massa são aqueles que produzem bens de alto volume e pequena variedade. Como as atividades são sequenciais, repetidas e previsíveis, os mapas de processos são fáceis de construir.

Segundo Seleme (2013), o processo em massa é representado por um processo especializado e contínuo de produtos idênticos, com grande volume de produção, equipamentos e indústria inteira dedicada a produzir ou montar um só produto. O investimento em máquinas é alto em virtude da transferência da habilidade de produção do operador para a máquina.

No processo em massa existem fluxos de linha, conforme apresentado na Figura 9, com pequenos estoques intermediários durante o processo produtivo e suas ordens de produção não tem relação direta com os pedidos dos clientes, mas sim uma estratégia de produzir para estoque deixando disponível para os clientes em qualquer momento (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004).

Figura 9 – Processo em massa



Fonte: Adaptado pelo autor de Ritzman e Krajewski (2004, p.33)

Exemplos de processos de massa: bens duráveis (fabricação de automóveis, eletrodomésticos, etc.), produtos alimentícios (cerveja, pizzas, etc.).



### 2.3.1.5 Processos contínuos

Nos processos contínuos o volume é ainda mais alto e a variedade é bem menor, comparado com o processo de massa. Normalmente são processos inflexíveis, com grande investimento inicial, fluxos altamente previsíveis e sem interrupções do início ao final. (SLACK *et al.*, 2008).

Conforme Slack *et al.* (2008), os processos contínuos necessitam de grande investimento inicial e outra característica é que o fluxo do início até o final do processo é constante, conforme ocorre na Figura 10.

Figura 10 – Processo contínuos



Fonte: Adaptado pelo autor de Slack *et al.* (2002, p.97)

Exemplos de processos contínuos: refinarias petroquímicas, produtores de aço, empresas de serviços de internet, empresas de eletricidade, etc.

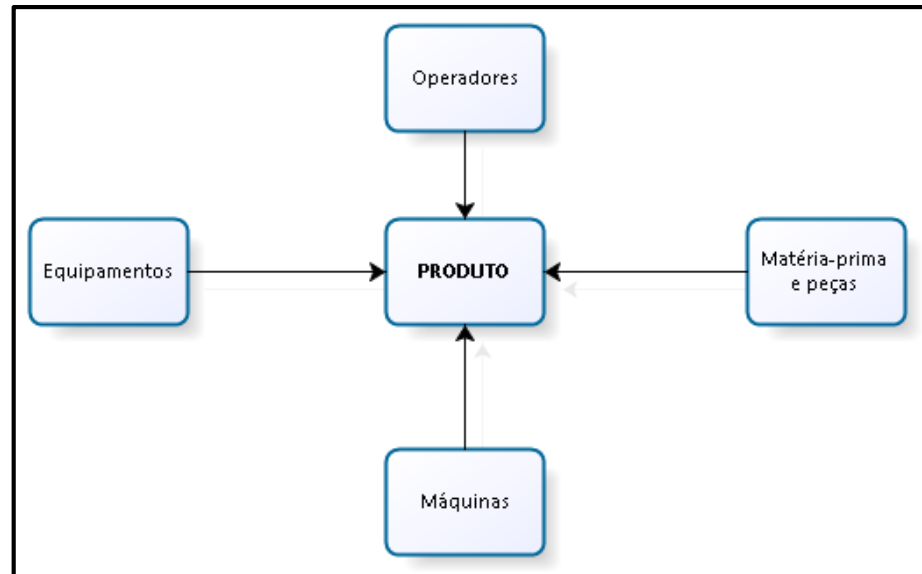
### 2.3.2 Tipos básicos de arranjo físico

Arranjo físico de um processo ou operação é como será o posicionamento físico dos recursos transformadores em relação aos outros e como serão alocadas as várias tarefas de operação a esses recursos transformadores (SLACK *et al.*, 2009). Os arranjos físicos são divididos em: posicional, funcional, celular e por produto.

#### 2.3.2.1 Arranjo físico posicional ou posição fixa

Este arranjo ocorre quando os recursos transformados (produto a ser fabricado ou montado) ficam parados e o que se move são os recursos transformadores (recursos materiais e/ou humanos), demonstrado na Figura 11. Normalmente, é utilizado quando o produto a ser produzido ou montado tem dimensões muito grandes e este não se pode deslocar facilmente.

Figura 11 – Arranjo físico posicional



Fonte: Adaptado pelo autor de Neumann e Scalice (2015, p.222)

O arranjo físico posicional normalmente é processando em lotes unitários, de baixa mobilidade e/ou grande tamanho. Este tipo de arranjo físico é utilizado em empresas que produzem bens sob encomenda.

Segundo Neumann e Scalice (2015), a gestão da produção e análise de recursos locais auxiliam para minimizar custos e problemas que possam ocorrer no fluxo em uma posição.

Na construção de navios, aviões, grandes máquinas e cirurgias em pacientes nos hospitais, são algumas situações onde são utilizados o arranjo físico posicional.

A Figura 12, demonstra a importância deste tipo de arranjo físico, com suas vantagens e desvantagens.

Figura 12 – Vantagens e desvantagens do arranjos físico posicional

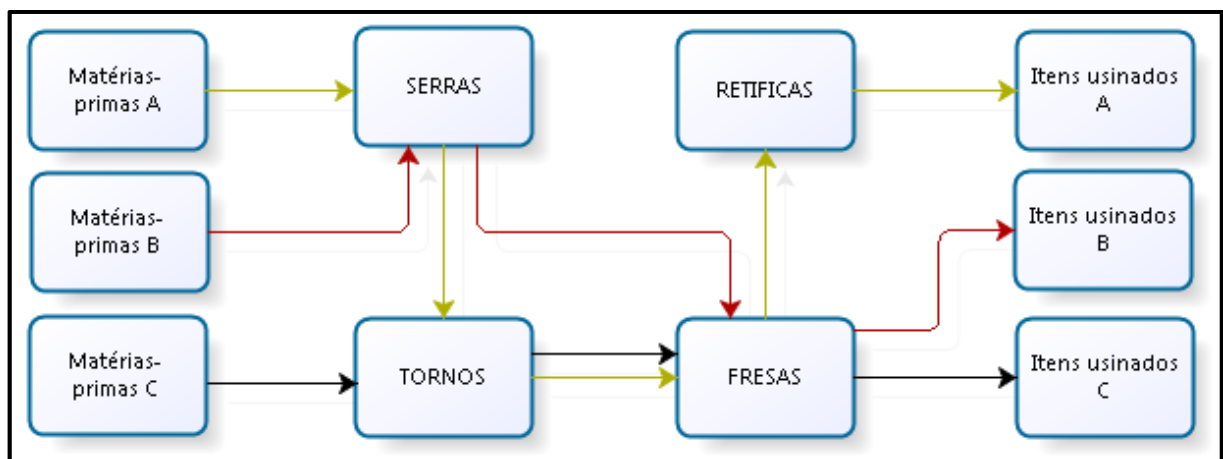
Tipo de arranjo físico	Vantagens	Desvantagens
Arranjo físico posicional ou posição fixa	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Alta flexibilidade</li> <li>* Alta variedade</li> <li>* Multifuncionalidades</li> <li>* Alto valor agregado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Baixo volume de produção</li> <li>* Fluxo intermitente</li> <li>* Grande movimentação de materiais e mão-de-obra</li> <li>* Mão-de-obra especializada</li> <li>* Maior investimento inicial</li> <li>* Custos unitários elevados</li> </ul>

Fonte: Adaptado pelo autor de Slack *et al.* (2009, p. 140).

### 2.3.2.2 Arranjo físico funcional ou por processo

Neste tipo de arranjo os recursos transformadores são agrupados conforme as funções desempenhadas em áreas determinadas em seções distintas. No arranjo físico funcional ocorre a formação de setores ou departamentos especializados na execução de determinadas tarefas, ocasionando o agrupamento de todas as máquinas e operações parecidas, criando nestes locais seções dedicadas. Como normalmente são várias seções, assim não são necessários que todos os produtos ou processos sejam executados, com isto eles passam em alguns seções e outras não, conforme ocorre na Figura 13.

Figura 13 – Arranjo físico por processo



Fonte: Adaptado pelo autor de Neumann e Scalice (2015, p.228)

Alguns exemplos de arranjo físico funcional: setores de hospitais (ortopedia, pediatria, radiologia, etc), setores da uma empresa (seção fornos, tornos, fresadoras), biblioteca (livros, periódicos), etc.

A Figura 14 expressa as vantagens e desvantagens do arranjo físico por processo.

Figura 14 – Vantagens e desvantagens do arranjo físico por processo

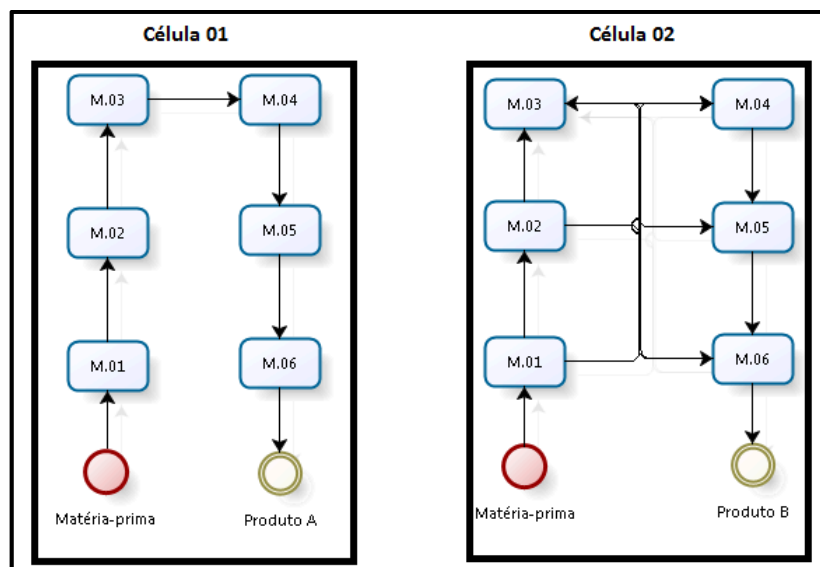
Tipo de arranjo físico	Vantagens	Desvantagens
Arranjo físico funcional ou por processo	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Flexibilidade</li> <li>* Menor investimento inicial</li> <li>* Menor vulnerabilidade à paradas</li> <li>* Baixa ociosidade de máquinas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Controle de produção complexo</li> <li>* Grande movimentação de materiais</li> <li>* Mão-de-obra especializada</li> <li>* Volume baixo de produção</li> <li>* <i>Lead time alto</i></li> </ul>

Fonte: Adaptado pelo autor de Slack *et al.* (2009, p. 140).

### 2.3.2.3 Arranjo físico celular ou tecnologia de grupo

No arranjo físico celular os recursos transformadores se encontram em grupo de peças ou produtos que passam por processos semelhantes, na qual os recursos transformadores agrupados e processados como se fosse uma família de peças. Este arranjo ocorre quando as produtos ou peças são agrupadas em células, conforme apresentado na Figura 15, possuindo algum grau de similaridade e com isto, são criados pequenos grupos dedicados a estes produtos ou partes de fabricação ou montagem deste componentes. São vários os tipos de montagem de células, os mais usuais são: “U”, “V”, “L” e “W”, ou a combinação entre eles.

Figura 15 – Arranjo físico celular



Fonte: Adaptado pelo autor de Neumann e Scalice (2015, p. 230).

Por causa da sua amplitude de possibilidades de configurações, este tipo de arranjo físico permite aliar os benefícios da flexibilidade do arranjo físico por processo, com a simplicidade do arranjo físico em linha (NEUMAN; SCALICE, 2015).

Este tipo de arranjo físico é muito utilizado nas empresas de autopeças, mobiliário, calçadista, utensílios domésticos e tantos outros. Normalmente usados em sistemas de médios volumes e médias variedades. A Figura 16 apresenta vantagens e desvantagens do arranjo físico celular.

Figura 16 – Vantagens e desvantagens do arranjo físico celular

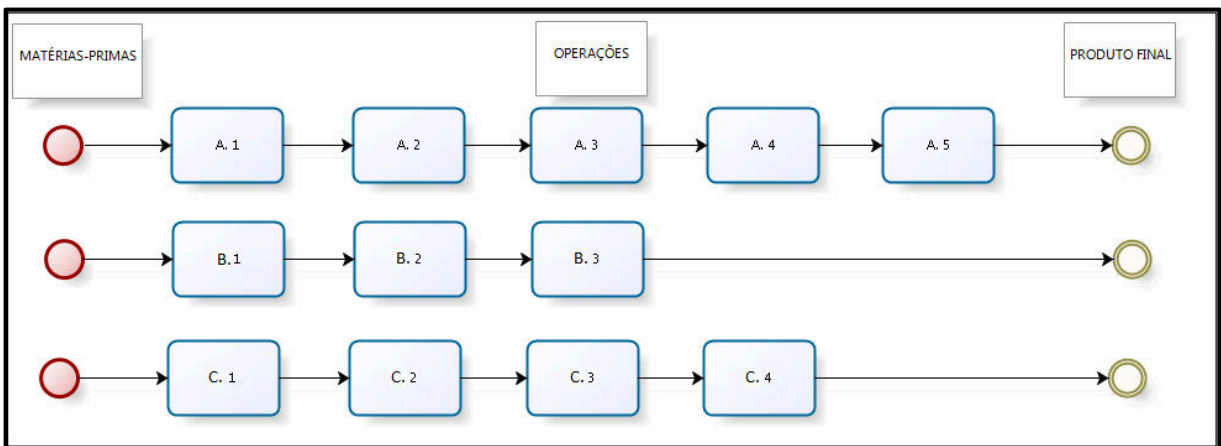
Tipo de arranjo físico	Vantagens	Desvantagens
Arranjo físico celular ou tecnologia de grupo	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Multifuncionalidades</li> <li>* Redução de movimentação</li> <li>* Maior visibilidade dos problemas</li> <li>* Redução da área fabril</li> <li>* Baixos estoques intermediários</li> <li>* Baixa ociosidade de máquinas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Dificuldade de balanceamento de produção</li> <li>* Custos relacionados com treinamentos</li> <li>* Maior capacitação dos colaboradores</li> <li>* Alta ociosidade nas máquinas utilizadas em poucas famílias de produtos</li> </ul>

Fonte: Adaptado pelo autor de Slack *et al.* (2009, p. 140).

#### 2.3.2.4 Arranjo físico por produto ou linha

No arranjo físico por produto, os recursos produtivos transformadores são dispostos em linha segundo a melhor conveniência para que o recurso que está sendo transformado passe por eles. Neste tipo de arranjo, estuda-se para utilizar o máximo do tempo de todos os operadores e das máquinas, conseguindo o maior balanceamento da linha, conforme é apresentado na Figura 17.

Figura 17 – Arranjo físico em linha



Fonte: Adaptado pelo autor de Neumann e Scalice (2015, p. 224).

Neste tipo de arranjo são fabricados grandes volumes de produtos, onde as máquinas ou postos de trabalho são dispostos na forma de linha de montagem ou fabricação nas sequências de operações do produto. Tendo o roteiro de montagem ou fabricação do produto se define o melhor local para alocar as máquinas e os postos de trabalho, na sequência que melhor o processo de produção se adapta.

Conforme Neumann e Scalice (2015), arranjos físicos em linha são caracterizados por grandes lotes de montagem ou fabricação, onde são utilizadas máquinas específicas para estes

processos com velocidade constante de produção e alta produtividade. Em virtude da alta produtividade, pode ocorrer problemas de qualidade. Normalmente para realizar o transporte dos produtos são utilizados transportadores automáticos (esteiras) para minimizar o transporte manual destes materiais. As vantagens e desvantagens são demonstradas na Figura 18.

Figura 18 – Vantagens e desvantagens do arranjo físico em linha

Tipo de arranjo físico	Vantagens	Desvantagens
Arranjo físico por produto ou linha	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Baixos custos unitários para altos volumes</li> <li>* Mão-de-obra especializada e de baixo custo</li> <li>* Altas taxas de produção</li> <li>* Baixos estoques intermediários</li> <li>* Menor tempo de setups</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Inflexível</li> <li>* Equipamentos especializados de alto custo</li> <li>* Tarefas repetitivas</li> <li>* Maior vulnerabilidade à paradas</li> </ul>

Fonte: Adaptado pelo autor de Slack *et al.* (2009, p. 140).

Nos arranjos físicos por produto, as partes mais importantes são o projeto do arranjo físico e o balanceamento da linha, pois se eles não tiverem bem projetados podem ocasionar a linha um mal balanceamento, uma formação de gargalos, uma diminuição da eficiência e um novo projeto para este arranjo.

Segundo Neumann e Scalice (2015), a relação entre o processo de produção e os tipos de arranjo físicos não é totalmente direta, pois na prática existirá a necessidade de avaliar as relações existentes, definindo qual o arranjo físico para o processo de produção trará melhor retorno operacional a empresa. Com a determinação o arranjo físico para o processo produtivo é necessário verificar quais as técnicas que melhor se encaixam para o desenvolvimento do projeto do novo arranjo físico.

### 2.3.3 Técnicas para arranjo físico

Para cada tipo de arranjo físico é utilizado diferentes técnicas e ferramentas, dependendo do tipo de arranjo físico requerido, da informações disponíveis ou mesmo pela preferência do modelador.

Segundo Neumann e Scalice (2015), cada tipo de arranjo físico utiliza técnicas e ferramentas diferentes para elaboração nos diferentes projetos de arranjos físicos. Conforme os autores, a Figura 19 apresenta as principais tipos de arranjo físicos com as suas respectivas técnicas e ferramentas para elaboração dos projetos.

Figura 19 – Técnicas e ferramentas utilizadas para elaboração de arranjos físicos

Tipo de arranjo físico	Técnicas
Arranjo físico posicional ou posição fixa	PERT/CPM ( <i>Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method</i> )
Arranjo físico funcional ou por processo	Fluxograma ou Diagrama de Processo, Diagrama P-Q (Produto-Quantidade) ou Gráfico P-V(Produto-Volume), Curva ABC ou Gráfico de Pareto, Mapofluxograma ou Mapa-Fluxograma, Diagrama de Afinidades ou Carta de Interligações Preferências, Cronometragem de Atividades
Arranjo físico celular ou tecnologia de grupo	Análise do Fluxo de Produção, Tecnologia de Grupos, Balanceamento de Linha de Produção, Roteiros de Operação Padrão
Arranjo físico por produto ou linha	Balanceamento de Linha de Produção

Fonte: Adaptado pelo autor de Neumann e Scalice (2015, p. 238).

### 2.3.3.1 Cronometragem de atividades

Para Barnes (1963) e Peroni (S.D.), o estudo de movimento e de tempos é definido como sendo o estudo do desenvolvimento do método, da padronização da operação, da determinação do tempo padrão e do treinamento do colaborador. Deve-se incluir no estudo, os materiais e equipamentos que deveram utilizam nestes postos de trabalho.

Segundo Martins e Laugeri (2003), o principal objetivo do estudo da cronometragem é medir a eficiência individual do colaborador, onde é estabelecido os tempos padrões para a produção e por fim, estes tempos são utilizados para calcular os custos industriais.

A cronometragem consiste em determinar os tempos através de levantamentos cronométricos das atividades. Através desta medição é realizado a comparação entre as performances de economia de movimento inseridos em um posto de trabalho (PERONI, S.D.).

Segundo o autor acima, deve-se atentar para três regras na cronometragem: separação clara dos elementos que está sendo cronometrados; tempos de máquinas devem ser separados dos demais tempos; e tempos de frequência constante devem ser separados de tempos esporádicos.

O número de ciclos a serem cronometrados é definido pela Equação 1 (MARTINS; LAUGENI, 2003).

$$n = \left( \frac{z + R}{E_r \times d_2 \times \bar{X}} \right)^2 \quad (1)$$

Onde:

$n$  = número de ciclos que serão cronometrados

$z$  = coeficiente da distribuição normal para a probabilidade determinada

$R$  = amplitude da amostra

$E_r$  = erro relativo da medida

$d_2$  = coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente

$\bar{X}$  = média da amostra

Segundo Peroni (S.D.), antes de iniciar a cronometragem de atividades de um processo ou atividade, deve-se padronizar os produtos, os materiais que serão utilizados e por quais meios o produto será produzido. A padronização do produtos é ponto importante que se deve efetuar para maximizar a produção e eliminar ao máximo a variedade de produtos. Já na padronização de materiais, o importante é organizar tudo o que será necessário para produzir o determinado produto, e para os meios de produção, significa quais são as máquinas, ferramentas e mão-de-obra necessária para produzir o produto desejado.

O fator de ritmo é o método de avaliação da velocidade de operação em um determinado período, expressa na Equação 2 (BARNES, 1977).

$$R = \frac{TP}{TC} \quad (2)$$

Onde:

TP = Tempo padrão

TC = Tempo cronometrado

$R$  = Fator de ritmo

O tempo normal é o tempo necessário para efetuar determinada atividade ou tarefa, que deve ser obtida através de um somatório de tempos e dividido pelo número de ciclos, conforme Equação 3 (BARNES, 1977; MARTINS; LAUGENI, 2003).

$$TN = TC \times R \quad (3)$$

Onde:

TN = Tempo normal

TC = Tempo cronometrado ou tempo médio

$R$  = Fator de ritmo



O tempo padrão é o tempo necessário para efetuar determinada atividade ou tarefa, incluindo o percentual de tolerância, que é obtida pela Equação 4 (BARNES, 1977; MARTINS; LAUGENI, 2003).

$$TP = TN \times FT \quad (4)$$

Onde:

TP = Tempo padrão

TN = Tempo normal

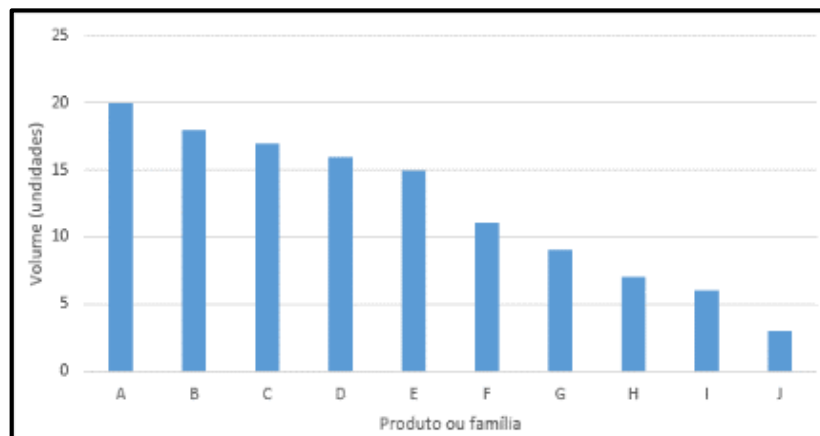
FT = Fator de tolerância

Segundo Antunes *et al.* (2008), o balanceamento da linha e o dimensionamento da célula devem ser utilizados juntamente com o conceito de operação padrão. Quando se separa os tempos de homem/máquina, se faz sentido a separação dos tempos de operação entre os tempos manuais e de máquina. Desta forma, quanto menor a tempos manuais e os tempos máquinas, maior será o grau de multifuncionalidade, ou seja, maior será o número de tarefas que um mesmo colaborador poderá executar.

### 2.3.3.2 Diagrama Produto-Quantidade

O Diagrama P-Q (produto-quantidade) ou Gráfico P-V é uma ferramenta expressa em um gráfico de histograma, onde são colocados os volumes de produção *versus* o produto ou família, iniciando com o produto que possui mais volume, conforme demonstrado no Gráfico 4 (NEUMANN E SCALICE, 2015).

Gráfico 4 – Gráfico P-V



Fonte: Adaptado pelo autor de Neumann e Scalice (2015, p. 253).






Segundo Neumann e Scalice (2015), a maior função desta ferramenta é priorizar o foco do projeto, com isto consegue-se otimizar melhor o arranjo físico, mesmo que a mudança de arranjo físico tenha um deslocamento mais longo para os produtos que são menos frequentes.

### 2.3.3.3 Fluxograma

Para Martins e Laugeni (2003), e Neumann e Scalice (2015), o fluxograma ou diagrama de processo é o registro de forma detalhada da sequência das atividades de um processo de produção, englobando desde operações, inspeções, relações de tempo, registro dos fluxos, movimentações de pessoas e materiais, operações, armazenamento etc.

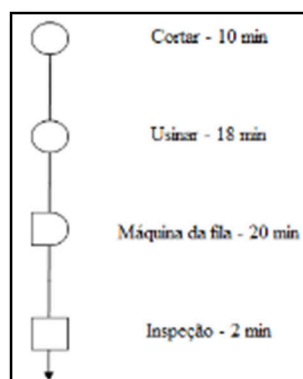
Segundo Neumann e Scalice (2015), ao lado da simbologia do fluxograma é interessante descrever o evento, o tempo de operação, número de pessoas e outras informações que sejam relevantes daquela atividade. Está simbologia do processo industrial é mencionada na Figura 20 e a exemplificação na Figura 21.

Figura 20 – Simbologia do processo industrial no fluxograma

Símbolo	Nome	Ação
	Operação	Transformação realizada no material que agrega valor.
	Demora / espera / atraso	Material para dentro do processo produtivo, ou ocorre atraso ou retenção.
	Armazenagem / estocagem	Armazenamento em local previamente definido.
	Inspeção	Verificação do material, para visualização de possíveis defeitos.
	Transporte	Movimentação dos materiais.

Fonte: Adaptado pelo autor de Martins e Laugeni (2003, p. 324).

Figura 21 – Fluxograma

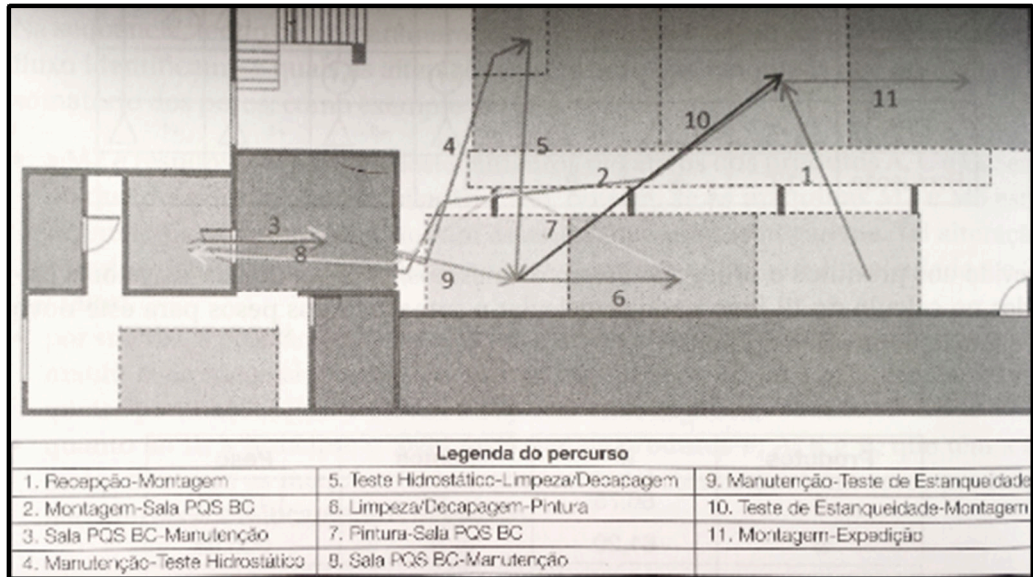


Fonte: Adaptado pelo autor de Neumann e Scalice (2015, p. 255).

### 2.3.3.4 Mapofluxograma

Conforme Neumann e Scalice (2015), o mapofluxograma ou mapa-fluxograma é uma visão sobre a planta baixa da unidade em estudo, onde constam as etapas do processo, o caminho pelos quais os produtos percorrem, as rotas físicas dos itens (produtos, materiais, pessoas), tudo desenvolvido em cima da planta em forma de linhas gráficas, conforme Figura 22. Com esta ferramenta é possível visualizar cruzamentos de fluxos, idas e vindas excessivas, deslocamentos longos sem operações, tudo visando ao máximo a busca de racionalizar os custos fabris (NEUMANN; SCALICE, 2015).

Figura 22– Mapofluxograma

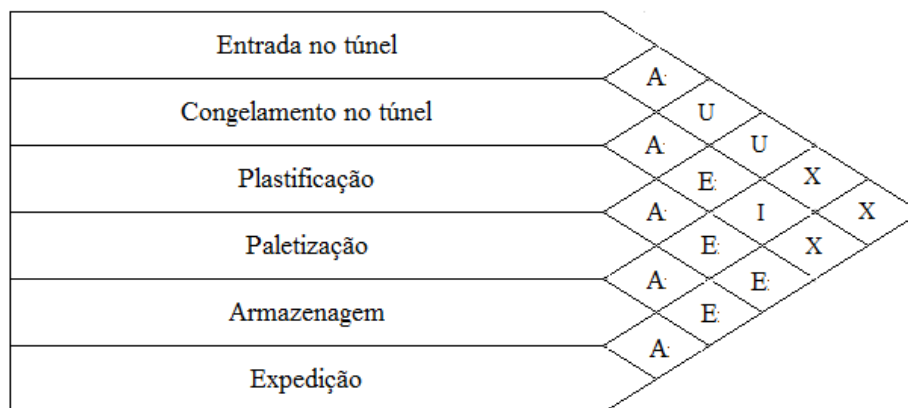


Fonte: Neumann e Scalice (2015, p. 262).

### 2.3.3.5 Diagrama de afinidades

Segundo Martins e Laugeni (2013), e Neumann e Scalice (2015), o diagrama de afinidades ou carta de interligações preferenciais é a representação pelo grau de afinidades entre os setores ou atividades, demonstrado na Figura 23. As letras no diagrama representam o tipo de relação entre os departamentos, sendo A (absolutamente necessária), E (especialmente importante), I (importante), O (proximidade normal), U (sem importância) e X (indesejável) (NEUMANN; SCALICE, 2015).

Figura 23 – Diagrama de afinidades

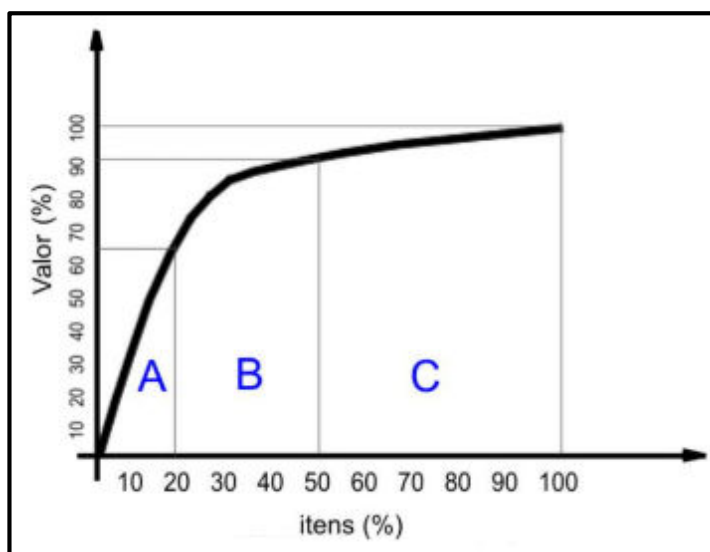


Fonte: Adaptado pelo autor de Martins e Laugeni (2013, p. 115).

### 2.3.3.6 Curva ABC

Para Neumann e Scalice (2015), a curva ABC utiliza os mesmos princípios do gráfico de Pareto, pois indica os grupos prioritários em ordenação dos itens por maior importância ou pelo valor de consumo, e também pode indicar quais grupos de produtos devem ter prioridade ou podem até possuir arranjo físico distintos na planta fabril. A ferramenta utiliza a seguinte metodologia, o grupo A é representado por 20% da quantidade de itens e 65% do valor de consumo, o grupo B com os intermediários que representam 30% da quantidade de itens e 25% do valor de consumo e o grupo C representado pelo 50% restantes e 10% do valor de consumo, demonstrado na Figura 24.

Figura 24 – Curva ABC



Fonte: Adaptado pelo autor de Neumann e Scalice (2015, p. 253).

Após ser abordado nesta secção o assunto de técnicas para arranjo físico, a seção 2.4 abordará a simulação de eventos discretos, desde a definição dos objetivos até os resultados experimentais.

## 2.4 Simulação de eventos discretos

Para Bateman *et al.* (2013), simulação é um processo de experimentação com um modelo detalhado de um sistema real para determinar como o sistema responderá a mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno. Essencialmente, a simulação é uma ferramenta utilizada para avaliar ideias. Com essa função, os responsáveis pela tomada de decisão visualizam os impactos, verificando os pontos positivos da mudança do arranjo físico, os tempos de passagem, a utilização dos recursos, os gargalos, os dimensionamento das filas e os tempos produtivos, além disto, poderá ser apresentado o fluxo dos materiais e produtos, pessoas e outras entidades envolvidas.

A simulação de eventos discretos consiste em uma ação que ocorrer instantânea em um momento único. Qualquer mudança deste evento pode ocasionar mudanças no sistema atual. O *software* possui um dispositivo, chamado de relógio de simulação, que continua à medida que ocorre cada evento em cada instante (BATEMAN *et al.*, 2013).

Segundo Bateman *et al.* (2013), por falta de pessoal e tempo, os gerentes usam fluxogramas, planilhas e outras formas de análise ao invés da simulação. Estes tipos de análises não alcançam a precisão, a possibilidade de incluir variações, interdependência e mudanças mais dinâmicas, como ocorre na simulação computacional.

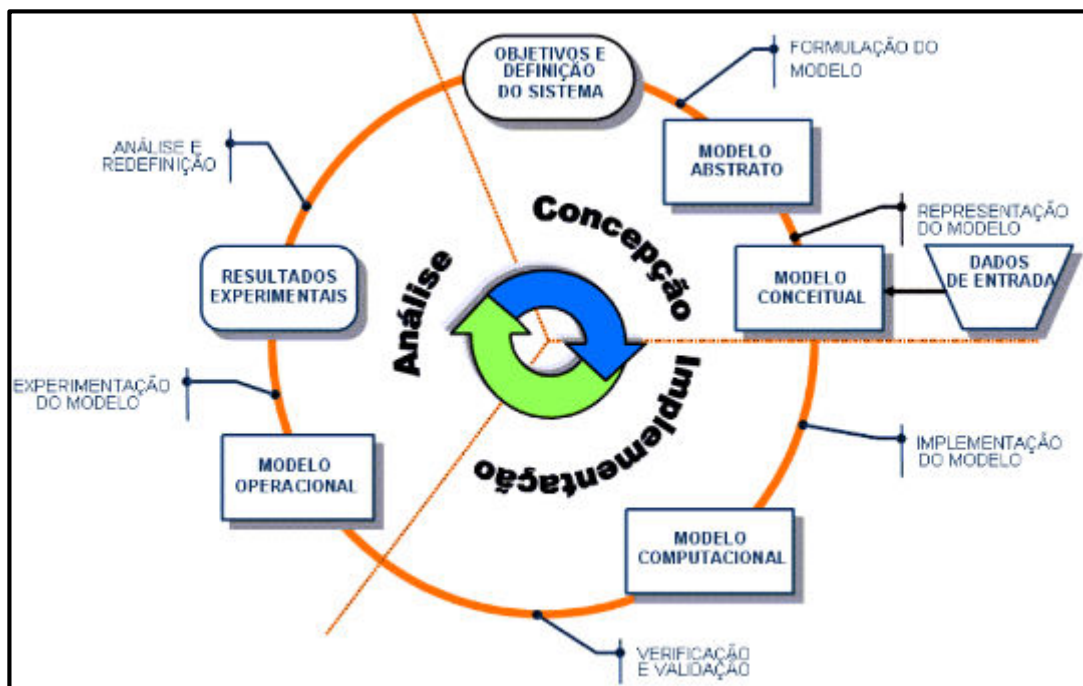
Simulação computacional é uma técnica que possibilita reproduzir o funcionamento de um sistema real com fidelidade em um computador, mantendo suas características e comportamento conforme a realidade (BATEMAN *et al.*, 2013).

Com a evolução dos métodos de gerenciamento e da qualidade dos produtos, entre eles a Melhoria Contínua e a Gestão da Qualidade Total (TQM), as empresas necessitavam um meio de testar as potenciais melhorias antes da implantação, com isto, a simulação se desenvolveu, reduzindo o risco e mudanças posteriores precocemente. Tudo isto juntamente com os avanços da interface dos *softwares* e a popularidade do conceito reengenharia, que

consiste em obter um processo enxuto, que irá gerar produtividade e a redução de custo. (BATEMAN *et al.*, 2013).

Para Chwif e Medina (2010), quando definido que o modelo de simulação é a melhor aplicação para o estudo do evento pretendido, deve-se seguir alguns passos para que o estudo de simulação seja bem aplicado, chamados de metodologias de simulação. Elas são apresentadas na Figura 25.

Figura 25 – Metodologias de simulação



Fonte: Chwif e Medina (2010, p. 12).

Segundo Bateman *et al.* (2013), os estudos de simulação são únicos, mas devem cumprir uma sequência de passos, mas esta sequência pode variar dependendo do projeto.

Os principais tópicos das metodologias de simulação são: objetivos e definição do sistema, dados de entrada, modelo conceitual, modelo computacional, verificação e validação, e resultados experimentais (CHWIF; MEDINA, 2010).

#### 2.4.1 Objetivos e definição do sistema

Para Bateman *et al.* (2013), o modelo mais eficiente é aquele que considera exclusivamente as partes do sistema que carecem de estudo e que possibilitem respostas a um problema real ou potencial. Deve-se cuidar para não incluir detalhes irrelevantes, que

resultaram em custos de modelagem, tempos mais longos de modelagem e maior número de rodadas no *software*.

A definição do evento a ser estudado é uma prática que pode não ser precisa e nem concisa entre o modelador e os engenheiros, gerentes, pessoal operacional e outros interessados, pois todos buscam seus próprios interesses e expectativas sobre o modelo de simulação (BATEMAN, *et al.*, 2013).

Já os objetivos, segundo Bateman *et al.* (2013), virão naturalmente após a definição do problema, mas o objetivo principal é a resolução do modelo de simulação em estudo. Normalmente, os objetivos de estudo de projetos de simulação são: análise de performance, análise de capacidade, estudo comparativo, análise de sensibilidade, estudo de otimização e análise de restrição.

#### **2.4.2 Modelo abstrato**

O modelador deve inicialmente entender o problema a ser simulado e seus objetivos, após decidir qual é a abrangência do modelo e o nível de detalhamento que será utilizado, sempre levando que o modelador deverá ter todas as hipóteses claramente estabelecidas (CHWIF; MEDINA, 2010).

Para Chwif e Medina (2010), o modelo abstrato é aquele modelo que está na mente do modelador, e que necessita de alguma técnica de representação de modelos de simulação para se tornar um modelo conceitual.

#### **2.4.3 Dados de entrada**

Segundo Andrade (2002), coleta de dados é uma ação que pode atuar na formação do evento, visto que permite definir o melhor escopo de modelo, sua validade e seu grau credibilidade dos resultados obtidos no final da simulação do evento.

Os modelos de entrada são os modelos probabilísticos que representam a natureza aleatória de um dado evento, e a modelagem de dados é o processo que melhor representa este evento. Os dados de entrada são divididos em três etapas: coleta de dados, tratamento de dados e inferência.

#### 2.4.3.1 Coleta de dados

A coleta de dados é o processo de amostragem dos dados, pois normalmente é impossível realizar a coleta por completo. Nesta etapa é realizada a coleta dos dados que serão utilizados e estes devem representar o todo do estudo, lembrando que é necessário que estes valores aleatórios representem o todo do evento em estudo. O tamanho da amostra deve variar entre 100 a 200 observações.

Para Chiwf e Medina (2010), a coleta de dados se inicia com a escolha apropriada das variáveis de entrada no sistema de estudo a ser simulado. A população a ser estudada é formada e caracterizada por todos os valores que as variáveis do evento de estudo consiga assumir. Ocorrendo a suspeita de que os dados mudem em função do dia e horário da coleta de dados está deverá ser refeita, para que a construção do modelo seja representativo e que a caracterização seja cuidadosamente a população de interesse de estudo.

#### 2.4.3.2 Tratamento de dados

O tratamento de dados são técnicas empregadas para descrever os dados coletados, apontar as possíveis erros nos dados amostrados e com isto aumentar o conhecimento sobre o evento em estudo.

*Outliers* são valores discrepantes fora da curva de dados do evento em estudo e estes são divididos em erro na coleta de dados e em eventos raros. As técnicas mais usuais para análise de *outliers* são as medidas de posição (média, mediana, moda, mínimo e máximo) e as medidas de dispersão (amplitude, desvio padrão, variância, coeficiente de variação e coeficiente assimetria) (CHIWF; MEDINA, 2010).

Segundo Chiwf e Medina (2010), após retirados os *outliers* deve-se realizar a análise de correlação de dados, que significa a verificação da independência dos valores dos dados, ou seja, que não há correlação entre os dados da amostra. Normalmente é utilizado o Diagrama de Dispersão para realizar este estudo.



### 2.4.3.3 Inferência

A inferência é o processo onde se utiliza os cálculos de probabilidade para identificar qual é a reação da população a partir da amostra. Após realizado os cálculos, teremos o resultado em um modelo probabilístico que reproduzirá o evento em estudo, que será adicionado ao modelo de simulação. Construindo o histograma do amostra é possível identificar a distribuição da probabilidade a ser considerada no modelo de simulação e com isto a consistência do dados da amostra (CHIWF; MEDINA, 2010).

Conforme Chiwf e Medina (2010), a última etapa da modelagem de dados são os testes de aderência, que consistem em verificar se a distribuição exponencial são estatisticamente adequados para representar os dados do evento coletados. Os testes de aderência testam a validade ou não da hipótese de aderência, sendo  $H_0$  (modelo é adequado para representação) e  $H_a$  (modelo não é adequando para representação). Os testes clássicos são: Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov.

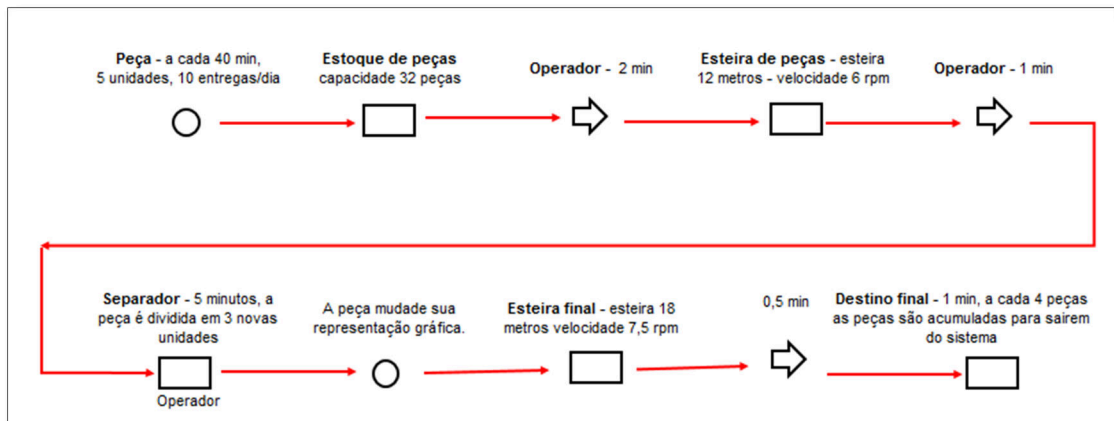
### 2.4.4 Modelo Conceitual

Os modelos conceituais consistem em relacionar de maneira sequencial e lógica, as informações e as fases do processo de tomada de decisão, de modo a permitir o desenvolvimento controlado e consistente com os objetivos que se tem em mente (ANDRADE, 2012).

Já para Montevechi (2013), o modelo conceitual consiste em verificar o modelo que se tem em mente e este ser representado com auxílio de alguma técnica de representação, tornando um modelo conceitual, do mesmo modo que qualquer outra pessoa possa entender. O autor coloca que a utilização de alguma técnica de modelagem na fase de construção do evento em estudo, aumenta a qualidade dos modelos de simulação e também diminui o tempo de construção do modelo computacional, por isso é recomendado o uso de alguma técnica que forneça a conexão entre a ferramenta de modelagem e processo de simulação.

Uma das técnicas que podem ser utilizadas é a IDEF-SIM, demonstrada conforme exemplo na Figura 26.

Figura 26 – Exemplo da técnica IDEF-SIM


















Fonte: Montevechi (2013, p.111).

#### 2.4.4.1 Modelagem de processo pela técnica IDEF-SIM

A técnica IDEF-SIM tem como objetivo auxiliar na elaboração de modelos conceituais ou no mapeamento das atividades dos sistemas a serem estudados, que posteriormente serão utilizadas no modelo computacional que facilitará no entendimento do projeto. A simbologia utilizada nesta técnica está apresentada na Figura 27.

Figura 27 – Simbologia utilizada na técnica IDEF-SIM

Elementos	Simbologia		Técnica de origem
Entidade			IDEF3 (modo descrição das transições)
Funções			IDEF0
Fluxo da entidade			IDEF0 e IDEF3
Recursos	 		IDEF0
Controles	 		IDEF0
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos		Regra E	IDEF3
		Regra OU	
		Regra E/OU	
Movimentação			Fluxograma
Informação explicativa			IDEF0 e IDEF3
Fluxo de entrada no sistema modelado			
Ponto final do sistema			
Conexão com outra figura			

Fonte: Montevechi (2013, p.102).

Para Montevechi (2013), a técnica IDEF-SIM é baseada em dois elementos: o IDEF0 e IDEF3. O IDEF0 consiste na captura e representação combinada entre os elementos gráficos e textuais. Já o IDEF3 é utilizado para produzir o modelo funcional, seguindo a ordem dos acontecimentos dos eventos.

Segundo Montevechi (2013), as funções dos elementos utilizados na técnica IDEF-SIM são as seguintes:

- Entidade – são os itens a serem processados pelo sistema. Exemplos: matéria-prima, produtos, pessoas, etc;
- Funções – representam os locais onde a entidade irá sofrer alguma ação. Exemplos: postos de trabalho, filas, estoques, postos de atendimento, etc;
- Fluxo de entidade – direção da entidade no modelo;
- Recursos – representam os elementos responsáveis pela movimentação das entidades e pela execução das funções. Possui dois tipos, os estáticos (sem movimento) e os dinâmicos (se movem sobre caminho definido);
- Controles – são as regras utilizadas nas funções;
- Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos – são as junções, que consistem em fornecer uma relação lógica após a função. Significação: “Junção E” (pode ser executado junto), “Junção OU” (forma alternativa) e “Junção E/OU” (permite ambas as regras);
- Movimentação – movimentação ou deslocamento da entidade;
- Informação explicativa – inserção de uma explicação para facilitar entendimento;
- Fluxo de entrada no sistema modelado – utilizado para definir a entrada ou a criação de entidades;
- Ponto final do sistema – final de um caminho do fluxo de modelagem;
- Conexão com outra figura – utilizado para dividir o modelo.

Juntamente com o *software* DIA, a técnica IDEF-SIM pode ser utilizada para a modelagem conceitual, podendo desenhar diversos tipos de diagramas e mapeamentos.

### 2.4.5 Implementação do modelo no simulador

Segundo Andrade (2002), esta etapa é a parte mais difícil do desenvolvimento de um processo de simulação, pois é exigido dos responsáveis pelo desenvolvimento do projeto, técnica e arte, para que seja bem representado o sistema real no sistema computacional.

#### 2.4.5.1 ProModel

O ProModel surgiu em 1988 e é um produto que processa as informações dos modelos de simulação, possuindo uma interface amigável e de fácil uso.

Para Baternan *et al.* (2013), o ProModel possui uma animação gráfica que desempenha um papel fundamental na construção dos modelos estudados. Juntamente com o SimRunner, que é uma ferramenta de apoio à tomada de decisão que auxilia aos modeladores a projetar experimentos válidos estaticamente. O autor cita que os principais elementos do *software* são:

- Locais – são os pontos fixos através dos quais as entidades se movem e sua localização pode ser em qualquer local onde é processada;
- Entidades – são os itens processados pelo sistema e são representados por peças, pessoas ou algo que necessita recursos do sistema;
- Processamento – define as operações efetuadas e suas rotas de cada tipo de entidade em cada local no sistema;
- Chegadas – são as especificações do sistema, tipo quantidade ou tamanho do lote, a quantidade de chegadas, o tempo de chegadas, entre outras;
- Recursos – são os recursos que são necessários para realizar uma ação. Normalmente esse recurso é uma pessoa, um equipamento ou um transportador;
- Redes de caminho – são os caminhos entre os locais.

#### 2.4.6 Verificação e validação

Para Chwif e Medina (2010), a verificação está relacionada ao modelo computacional e consiste na observação como o modelo computacional está sendo desenvolvido comparado com o modelo conceitual. E a validação consiste em observar se modelo conceitual e/ou o modelo computacional se comportam igualmente ao sistema real.

Quando um modelo funciona corretamente conforme o modelador pretendia, este modelo já está pronto para a verificação. Para realizar a verificação é necessário que o modelo rode e este deve ser monitorado pelo modelador (BATEMAN *et al.*, 2013).

Segundo Batemann *et al.* (2013), a validação é um processo em que se pode garantir que o modelo corresponde exatamente ao sistema real que se está estudando, e que encaminha a solução do problema definido. Uma forma de validar o sistema é alterar os dados de entrada, incrementando ou diminuindo os valores, desta forma comparar com o impacto com as respostas já conhecidas do sistema em estudo.

#### 2.4.7 Resultados experimentais

Segundo Bateman *et al.* (2013), o responsável pela modelagem é quem vai determinar o tempo a ser simulado e o número de replicações, visando obter uma amostragem estatística confiável. Quando a simulação for muito longo ou excesso de replicações pode ocorrer gastos desnecessário de dinheiro e tempo, e quando forem muito curtos pode ocorrer resultados distorcidos ou não confiáveis. Deve-se achar o ponto de equilíbrio para atingir os melhores resultados.

Após cada modelo concluído, o modelador deverá guardar cuidadosamente o modelo com os resultados obtidos. Sendo armazenado os registros do modelo, se terá o melhor modelo e possíveis tendências como alternativa para possíveis mudanças (BATERMAN *et al.*, 2013).

Para Baterman *et al.* (2013), a simulação é uma excelente alternativa para os tomadores de decisão de alto nível, pois ela proporciona além da animação, resultados em gráficos e relatórios, que poderão ser uma ferramenta poderosa nestes casos.

Conforme o autor acima, com o modelo em estudo finalizado, à implantação do modelo exigirá um valor financeiro significativo, mas este modelo terá uma justificativa detalhada com custos e benefícios.

## **2.5 Indicadores de desempenho de arranjo físico**

Para Neumann e Scalice (2013), indicador de desempenho significa um índice que monitora alguma coisa que pode ser medido, que permitem aos gestores manter, mudar ou abortar ações em nossas indústrias. A partir destes indicadores são traçadas metas de resultados a serem atingidos por diversos setores.

Os indicadores de desempenho diretamente ligados ao arranjo físico são: distância total percorrida, número de colaboradores, tempo de atravessamento, tempo de espera, capacidade de produção, tempo de transporte/movimentação interna, *payback* e eficiência energética.

A distância total percorrida é constituída na medida total entre dois pontos, que gere custo e agregue valor ao produto (ANTUNES *et al.*, 2008).

O número de colaboradores é a quantidade de pessoas necessárias para executar determinada atividade e/ou operação, melhorando a satisfação do cliente e com isto um melhor resultado para o negócio (BATERMAN *et al.*, 2013).

Conforme Antunes *et al.* (2008), o tempo de atravessamento é o tempo total necessário para executar determinado processo ou operação entre dois pontos predeterminados.

Para Antunes *et al.* (2008), tempo de espera consiste nos períodos que os colaboradores e/ou máquinas não estão sendo utilizados e com isto não agregando valores aos produtos, somente custo.

A capacidade de produção consiste no nível máximo que determinada atividade de valor agregado, em condições normais de operação, num determinado período (BIAGIO, 2015).

Segundo Antunes *et al.* (2008), o tempo de transporte/movimentação interna consiste no tempo de execução entre atividades de movimentação de materiais que gerem custo e não adicionam valor ao produto.

Conforme Camloffski (2014), *payback* é um indicador em que expressa quanto tempo é necessário para que o investimento seja recuperado. Quanto menor for o *payback*, menor risco terá o projeto e com isto maior liquidez terá o projeto. Este indicador é expresso pela Equação 5.

$$\text{Payback} = \frac{\text{investimento inicial}}{\text{ganho no período}} \quad (5)$$

Segundo Marin (2011), eficiência energética é um procedimento que busca melhorar o uso das fontes de energia, adotando técnicas e procedimentos que reduzam o consumo de energia elétrica, com isto economizando dinheiro e preservando o meio ambiente.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentado a metodologia utilizada para o desenvolvimento desta monografia. É dividido em três partes: delineamento da pesquisa e planejamento do método.

#### 3.1 Delineamento da pesquisa

Segundo Marconi e Lakatos (2003), pesquisa é um processo formal, com método de pensamento reflexivo, que necessita um tratamento científico e que permite desenvolver o caminho para a realidade ou para encontrar verdades limitadas. Já para Miguel (2010), a pesquisa tem o caráter de ser algo novo, interessante e ao mesmo tempo teórico.

Para Miguel *et al.* (2010), a necessidade de um bom embasamento científico pode justificar a importância da metodologia de um trabalho de pesquisa, que busca geralmente uma melhor abordagem de pesquisa a ser adotada para remeter as questões de pesquisa, verificação das proposições e/ou testar as hipóteses. Para conseguir aumentar as chances de que a proposta traga efetiva contribuição para o conhecimento, necessita-se ter uma seleção dos métodos e técnicas mais apropriadas ao planejamento e gerenciamento de um trabalho de pesquisa. Tudo isto, levando em conta que o trabalho necessariamente esteja bem estruturado, com possibilidade de ser reaplicado, aperfeiçoado e possa sofrer evolução por outros pesquisadores.

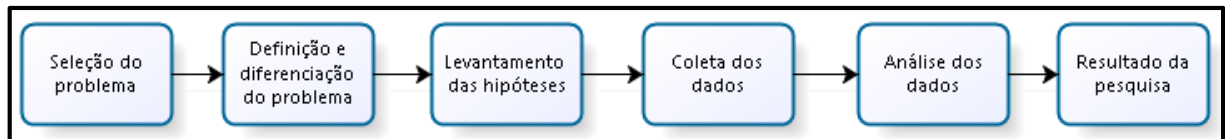
Em um trabalho de pesquisa pode haver diferentes métodos de pesquisa e estes dependem de um conjunto de fatores, como o tempo, os recursos, a possibilidade de acesso a dados, a natureza do problema, entre outros. A distinção entre a hipótese e a proposição, é que



a hipótese é realizada através da verificação de indicadores quantitativos, já a proposição é realizada através de indicadores qualitativos (MIGUEL *et al.*, 2010).

Conforme Marconi e Lakatos (2003), o desenvolvimento de um projeto de pesquisa segue o fluxograma da Figura 28.

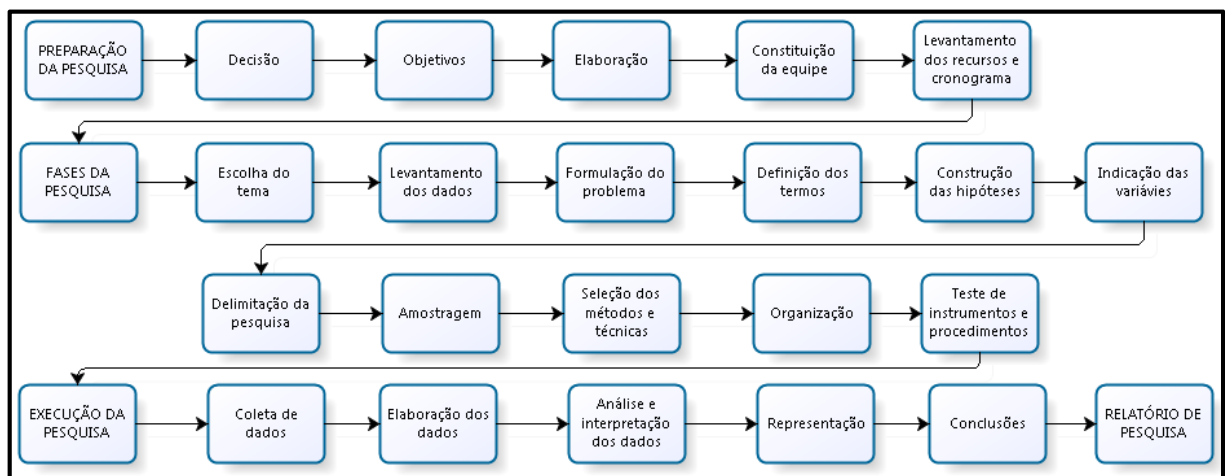
Figura 28 – Passos para desenvolvimento de um projeto



Fonte: Adaptado pelo autor de Marconi e Lakatos (2003, p.155).

A pesquisa científica necessita ser elaborada por meio de um processo organizado que é dividido em diversas etapas em uma sequência lógica, dividida em: preparação, fases, execução e relatório da pesquisa, conforme demonstrado na Figura 29 (MARCONI; LAKATOS, 2003).

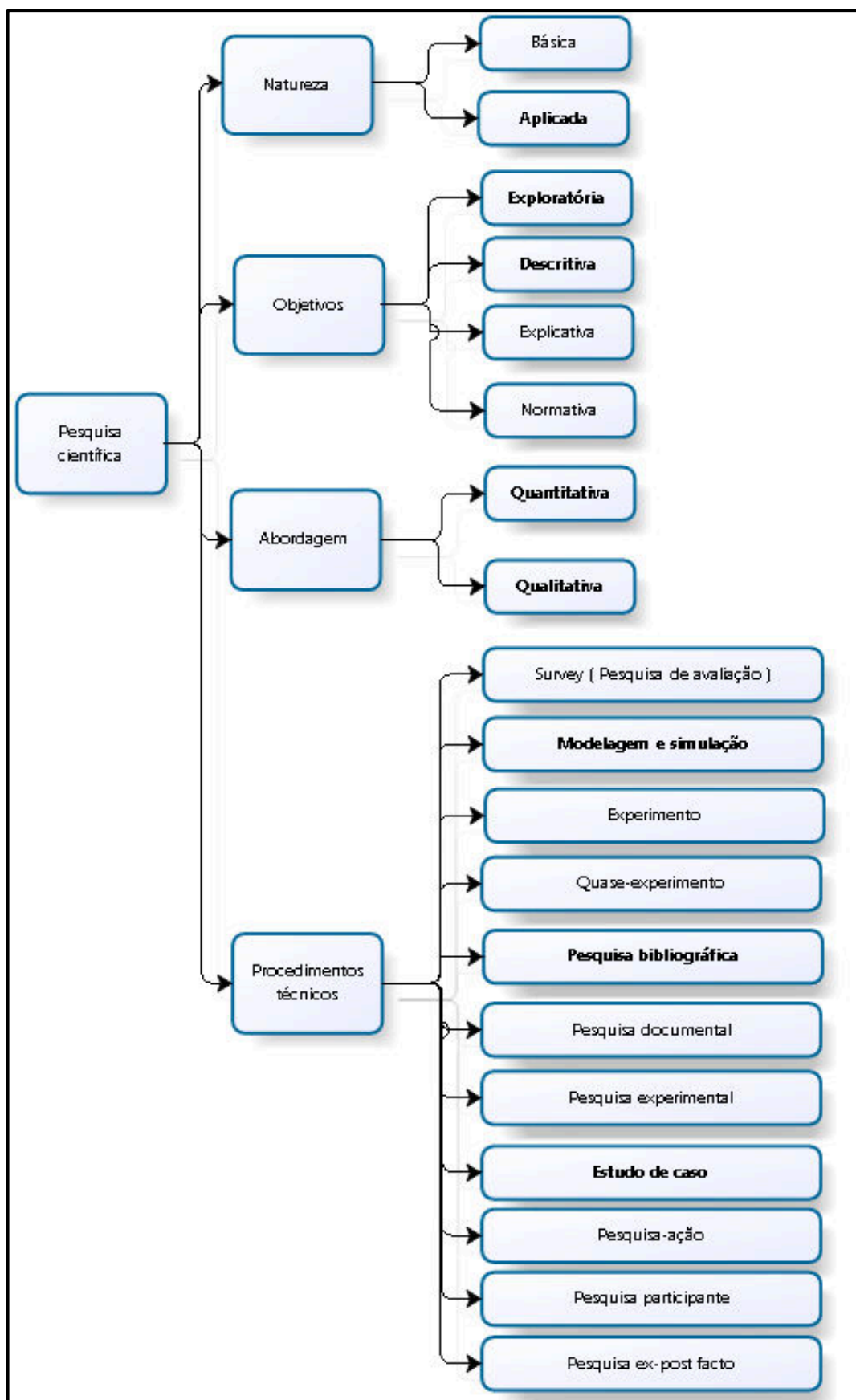
Figura 29 – Planejamento da pesquisa



Fonte: Adaptado pelo autor de Marconi e Lakatos (2003, p.155).

Para Miguel *et al.* (2010), existe uma grande diversidade de abordagens e métodos normalmente utilizados na engenharia de produção e gestão de operações. A tendência é que os trabalhos de pesquisa adotem mais de uma abordagem e dependem muito da fase em que se encontram. Frequentemente essa tendência aponta a necessidade de utilização de multimétodos visando a busca do desenvolvimento teórico, por meio da sua extensão, refinamento, ou a proposição de novas teorias, contribuindo para a geração de conhecimento. A Figura 30 apresenta os tipos de pesquisa científica, já os campos em negritos são os princípios da pesquisa científica que norteiam está monografia.

Figura 30 – Tipos de pesquisa científica e da presente pesquisa



Fonte: Adaptado pelo autor de Bacci (2007) e Miguel (2010).

A referida monografia é de natureza aplicada, segundo Gerhardt e Silveira (2009), pois visa gerar conhecimentos a serem usados na prática, levando à solução de problemas específicos existentes no arranjo físico dos setores de congelamento e expedição do abatedouro em estudo.

Já nos seus objetivos, é classificada como exploratória, pois proporciona maior proximidade com o problema existente, de modo a deixá-lo mais claro ou formular hipóteses a seu respeito; e descritiva, pois descreve a real situação do problema da área em estudo, coletando várias informações (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

A sua abordagem é quantitativa pois há tentativa de compreender o fenômeno como um todo, focando na interpretação, subjetividade e no contexto dos setores em estudo; e qualitativa pois parte dos conhecimentos são específicos do arranjo físico existente, sendo dados coletados e analisados de forma objetiva e estatística (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Os procedimentos técnicos a serem empregados são modelagem e simulação pois possuem a capacidade de captar elementos essenciais e representar o sistema do arranjo físico em estudo, de forma a auxiliar o tratamento da situação de uma maneira sistemática (MIGUEL *et al.*, 2010).

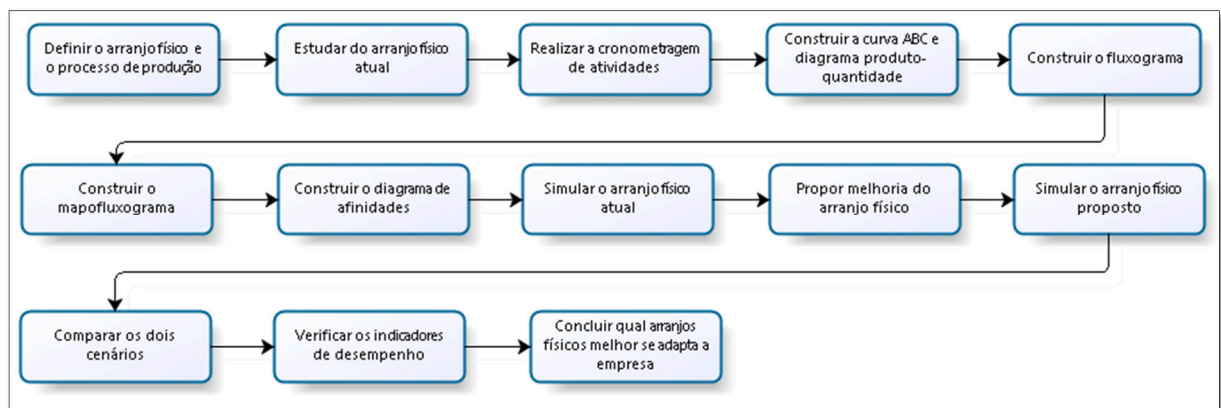
Também serão empregados a pesquisa bibliográfica uma vez que abrange a busca do conhecimento em bibliografias existentes através de leitura, análise e formulação do texto; e o estudo de caso, sendo estudados com profundidade os setores de congelamento e expedição do abatedouro em questão, de modo a descrever, detalhar e compreendê-los (FACHIN, 2003).

### **3.2 Planejamento do método**

Esta monografia foi realizada em um abatedouro de aves da empresa Carrer Alimentos Ltda, situado em Farroupilha/RS. A escolha da empresa se deve ao fato de o autor trabalhar na mesma, conhecer o seu processo produtivo e arranjo físico, bem como a problemática do setor de congelamento e expedição da unidade. Tal situação favorece a obtenção dos dados necessários para o estudo e instiga a busca da aplicação teórica na prática a fim de resolver o problema.

O planejamento do método de pesquisa é contemplado na Figura 31. Inicialmente será definido o arranjo físico e o processo de produção conforme o sistema real e revisão da bibliografia. Na sequência, serão cronometradas as atividades na planta fabril. A partir dos dados obtidos na empresa em estudo e consulta bibliográfica serão construídos a curva ABC, o diagrama de P-Q, o fluxograma, o mapofluxograma e o diagrama de afinidades. Posteriormente far-se-á a avaliação do arranjo físico atual. Após a coleta dos dados, será realizada a simulação de eventos discretos e a análise dos resultados. Por fim, com base nos resultados da simulação e indicadores de desempenho, será apresentada a proposta de arranjo físico adaptado ao abatedouro de aves em estudo.

Figura 31– Planejamento do método de pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

## **4 PROPOSTA DE ARRANJO FÍSICO EM ABATEDOURO DE AVES· ESTUDO DE CASO**

O presente capítulo apresenta um estudo de caso utilizado para o desenvolvimento desta monografia, visando uma proposta de arranjo físico para os setores de congelamento e expedição em abatedouro de aves. Ele é dividido em cinco partes: apresentação da empresa, estudo do arranjo físico atual, proposta de melhoria do arranjo físico e comparativo entre os dois cenários.

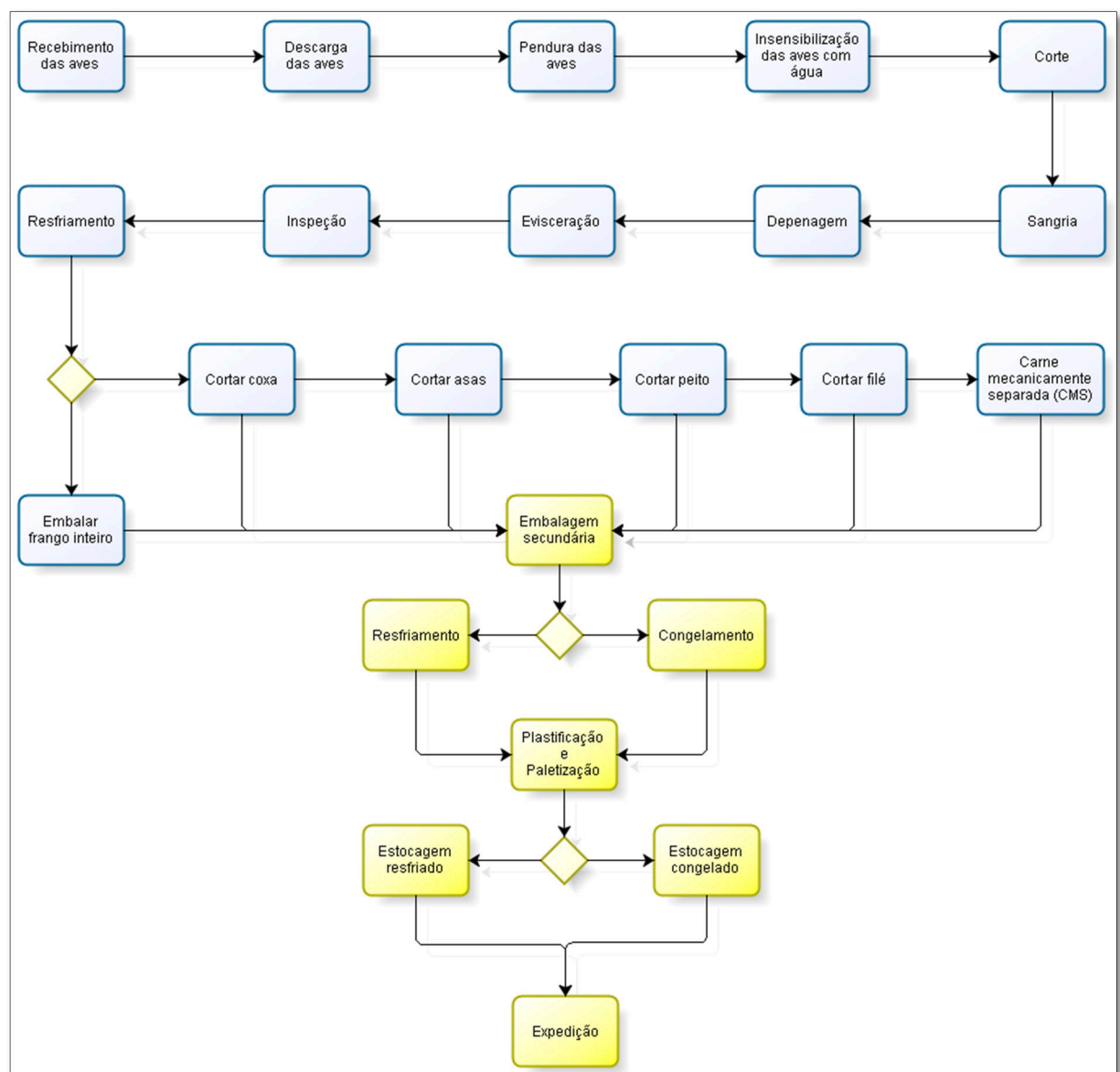
### **4.1 Apresentação da empresa**

A Carrer Alimentos é uma empresa familiar que atua no ramo alimentício, com criação de matrizes, produção de ovos férteis, incubação, produção de pintos de 1 dia, criação de frangos de corte, fabricação de rações, abatedouro de aves, sala de cortes e desossa, fábrica de sub-produtos e fábrica de embutidos.

A unidade em estudo, o abatedouro de aves, está localizado na VRS 813, km 12,9 na cidade de Farroupilha/RS e iniciou suas atividades em 11 de maio de 1999 com a denominação de Avícola Carrer Ltda. A partir de outubro de 2010 passou a utilizar sua nova razão social, Carrer Alimentos Ltda. O abatedouro possui Serviço de Inspeção Federal (SIF) com veterinários do Ministério da Agricultura (MAPA) acompanhando toda sua produção. Em 2007, a empresa conseguiu a liberação para exportar seus produtos para 30 países, que estão localizados na África, Oriente Médio e Ásia. O abatedouro também possui HACCP (Programa de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle – APPCC) e todo o abate de aves é realizado no sistema HALAL (sistema de abate segundo os Rituais Islâmicos).

A Figura 32 representa as principais etapas de produção do abatedouro de aves da Carrer Alimentos. O abatedouro de aves melhor se enquadra é o arranjo físico misto, onde possui setores que trabalham na forma de arranjo em linha, pois os recursos produtivos são dispostos em linha segundo a melhor conveniência para que os recursos que estão sendo transformando passe por eles, exemplos: corte, sangria, depenagem, evisceração; e setores que trabalham na forma de arranjo por processo, pois os recursos transformadores são agrupados conforme as funções desempenhadas, em áreas determinadas em seções distintas, criando nestes locais seções dedicadas, exemplos: recebimento das aves, resfriamento, setor da embalagem secundária, setor de congelamento, setor de expedição, etc.

Figura 32– Fluxo das etapas de um abatedouro de aves



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

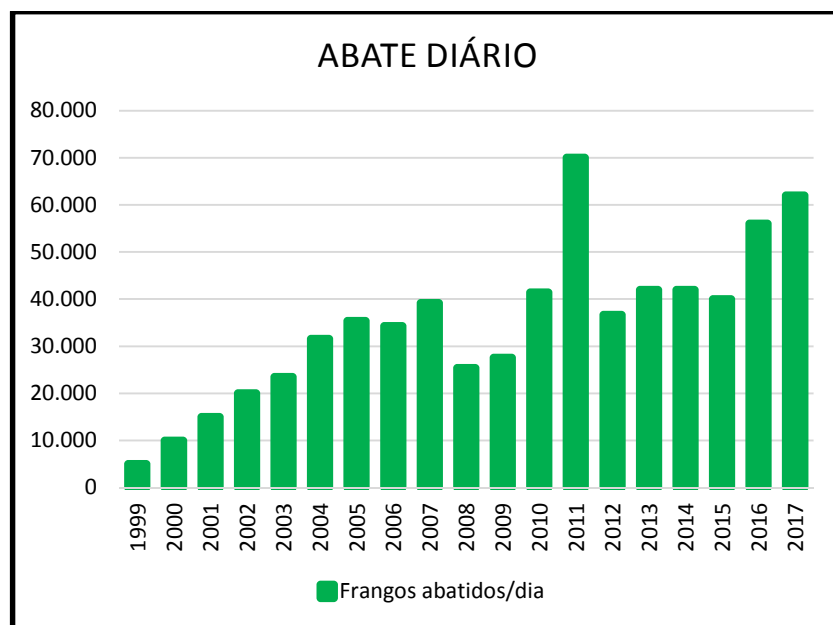
Atualmente esta unidade possui 400 funcionários em seu quadro de funcionários de forma direta e muitos tantos mais de forma indireta, sendo assim uma planta fabril com quadro de funcionários enxuto e bem qualificado.

#### 4.2 Estudo do arranjo físico atual

Atualmente o frango produzido pela Carrer Alimentos é dividido em 17 famílias de produtos, que formam no final um *mix* de produção de 91 itens distintos, que são distribuídos no mercado nacional e internacional, desde produtos resfriados até congelados, de sacos de 15 kg até bandejas de peso padrão de 0,750 kg. O *mix* de produção é bastante variado, com isto a empresa consegue agregar bastante valor ao produto final. Além disto, a unidade de Farroupilha distribui os 37 itens produzidos na unidade de Embutidos de Boa Vista do Sul.

Houve percalços durante estes 18 anos em virtudes de crises, mas a empresa possui uma tendência de crescimento médio de 6,34%. Em virtude disto, é necessário o estudo para inclusão do túnel contínuo de congelamento na planta fabril da empresa, pois a tendência de crescimento e a partir dos volumes de abate apresentados no Gráfico 5, fica inviável o uso de congelamento por gaiolas.

Gráfico 5 – Abate diário e tendência de crescimento



Fonte: Elaborado pelo autor com dados obtidos da empresa (2017).

O sistema atual de congelamento da empresa é todo por gaiolas, sendo que cada gaiola possui 8 andares, e que em cada andar pode-se colocar 5 caixas 10 kg, totalizando 40

caixas/gaiola. O sistema atual de congelamento é limitado em 144,4 toneladas de carne de aves em um turno de abate, sendo o abate de 64.000 aves/dia com peso médio de 2,8 kg, visto que não é possível realizar abate em dois turnos em virtude que o produto necessita ficar 20 horas no túnel de congelamento, isto ocorre por falta de espaço físico.

A Figura 33 representa a colocação atual das caixas de produtos nas gaiolas de congelamento, que posteriormente são colocação nos túneis de congelamento. Nesta Figura são demonstrados a grande necessidade de colaboradores e o difícil fluxo de produtos, de gaiolas e de colaboradores, em virtude do espaço reduzido.

Figura 33– Foto atual do setor



Fonte: Registro fotográfico do autor (2017).

Na Figura 34 é demonstrado a retirada as caixas da gaiola de congelamento, para posterior serem dispostas na plastificadora, com isto é demonstrado o número alto de colaboradores e grande dificuldade de retiradas das caixas.

Figura 34– Foto atual do setor



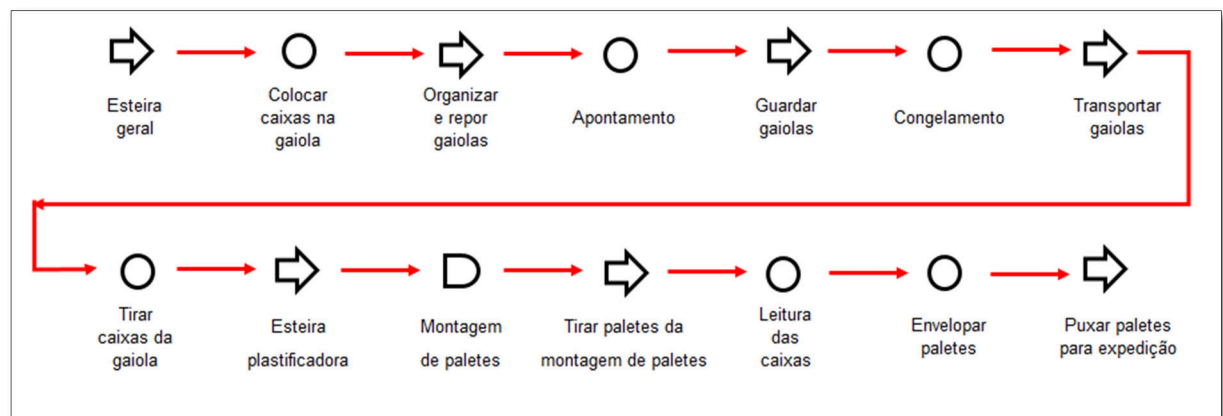
Fonte: Registro fotográfico do autor (2017).



O estudo se baseia no sistema de congelamento do abatedouro de aves, desde a colocação das caixas nas gaiolas, que antecede a colocação dentro dos túneis de congelamento, o setor de plastificação e paletização, até o setor de estocagem de produtos prontos para à venda. Para isto, foram utilizadas as seguintes técnicas: fluxograma, mapofluxograma, cronometragens das atividades, diagrama produto-quantidade, curva ABC e diagrama de afinidades.

Na Figura 35 é demonstrado o fluxograma de produção atual da Carrer Alimentos do setores de embalagens secundárias, plastificação e paletização até o setor de estocagem, iniciando na esteira geral e terminando no estoque ou expedição.

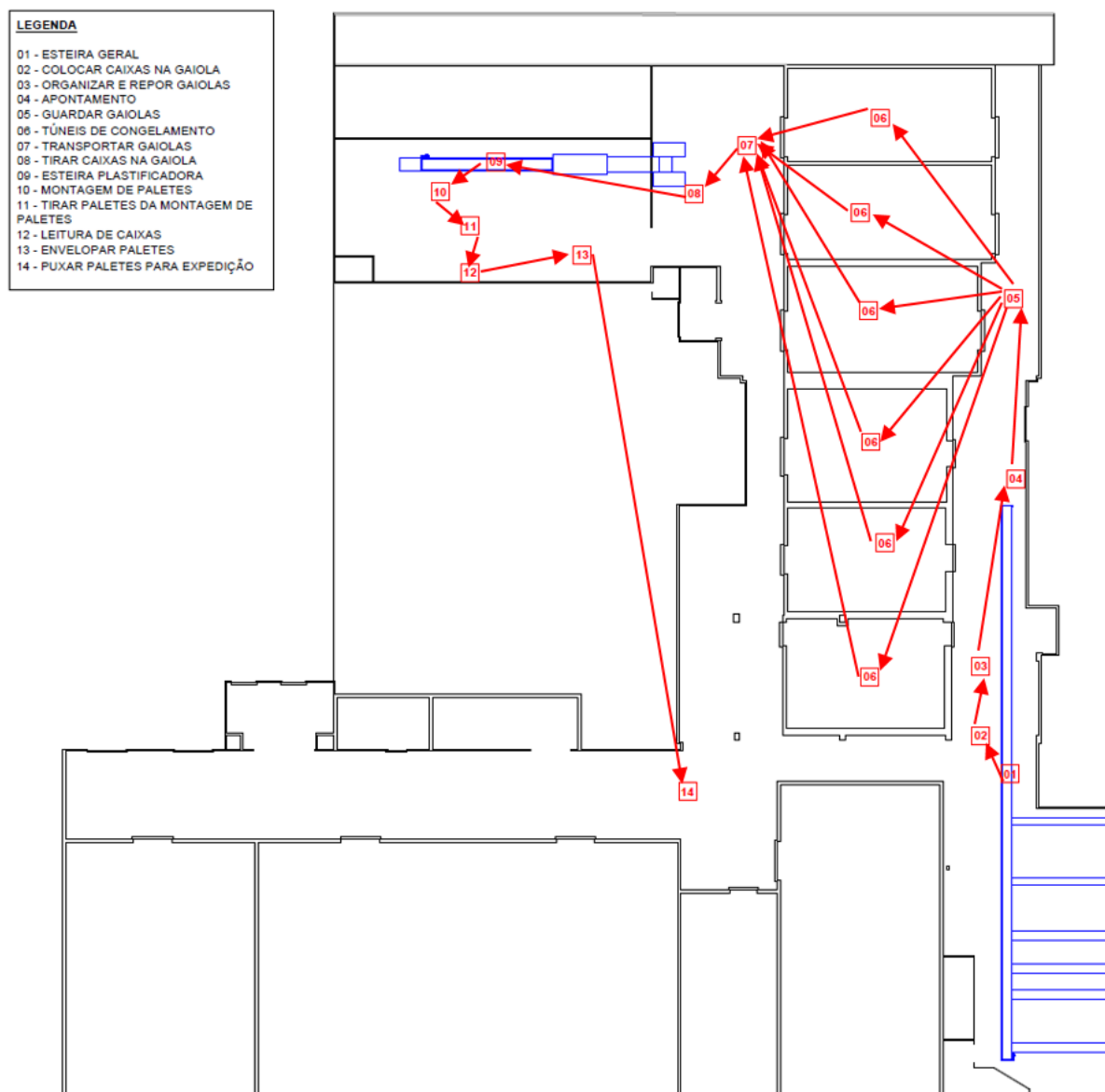
Figura 35 – Fluxograma atual



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Conforme o mapofluxograma apresentado na Figura 36, é possível verificar o arranjo físico atual da empresa Carrer nos setores em estudo. É possível observar o fluxo que o produto percorre desde a esteira geral, posteriormente as caixas são colocadas nas gaiolas pelos colaboradores até chegar o número de 40 caixas por gaiola e após são levadas para apontamento, onde possui um sistema de leitura das caixas. Terminado este processo, são levadas para os túneis de congelamento, após 20 horas as gaiolas são retiradas e levadas até plastificadora, onde as caixas são retiradas das gaiolas pelos colaboradores, sendo as caixas passadas na plastificadora e no túnel de encolhimento. As caixas são paletizadas em códigos separadamente e quando o palete atinge a quantidade de 63 caixas são levados para a montagem da etiqueta palete, que identifica todas as caixas que pertencem ao palete. Depois deste processo o palete é envelopado e são levados para a estocagem e/ou carregamento para expedição do produto.

Figura 36 – Mapofluxograma atual



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A cronometragem das atividades foi realizada com observação *in loco* do processo e coleta de todos os dados pertinentes, sendo a Tabela 1, a que apresenta o fluxo do processo atual, a quantidade de colaboradores e os tempos médios de cada atividades executas nos setores de embalagens secundárias, plastificação, paletização e congelamento. As atividades são realizadas em dois dias, pois o produto precisa ficar congelando por 20 horas. Até a atividade “guardar gaiolas” é realizado num dia e no outro dia é iniciado pela atividade “transportar gaiolas”, mas todo estas atividades são realizadas diariamente, durante os dias da semana, e são importantes para a elaboração deste estudo.

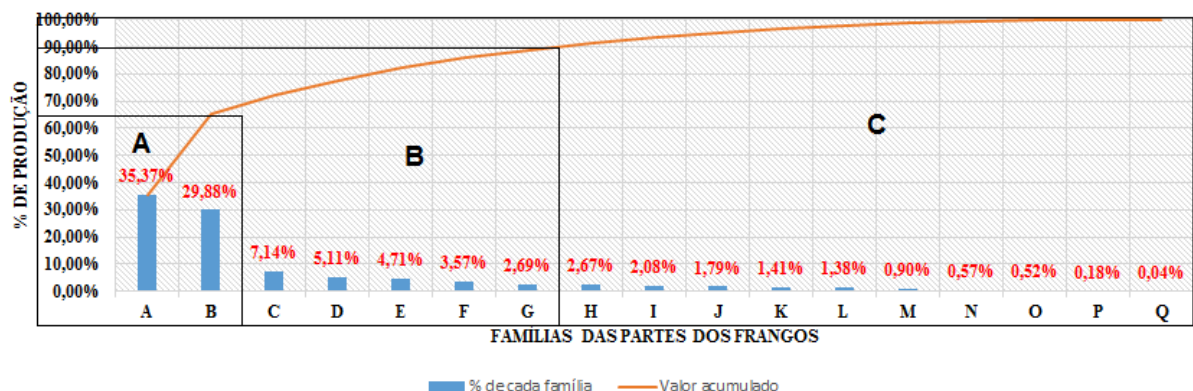
Tabela 1 - Fluxo do processo atual com respectivos tempos cronometrados

Fluxo do processo atual	Quantidade de colaboradores	Tempo cronometrado (segundos/caixa)
Esteira geral		43,2
Colocar caixas na gaiola	6	4,2
Organizar e repor gaiolas	3	1,2
Apontamento	2	1,8
Guardar gaiolas	1	1,8
Congelamento		72000
Tirar gaiolas	2	1,8
Tirar caixas da gaiola	6	2,4
Esteira plastificadora	1	3
Montagem de paletes	6	3,6
Tirar paletes da montagem de paletes	1	0,6
Leitura das caixas	2	1,8
Strechar paletes	1	0,6
Puxar paletes para expedição	1	1,8

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

O Diagrama Produto-Quantidade é representado na Figura 37, onde é expressa a quantidade de produto produzido por cada família de produto. Assim se consegue verificar que no abatedouro de aves da Carrer, as famílias A e B representam mais de 65% da produção.

Figura 37 – % de produção por corte de frangos

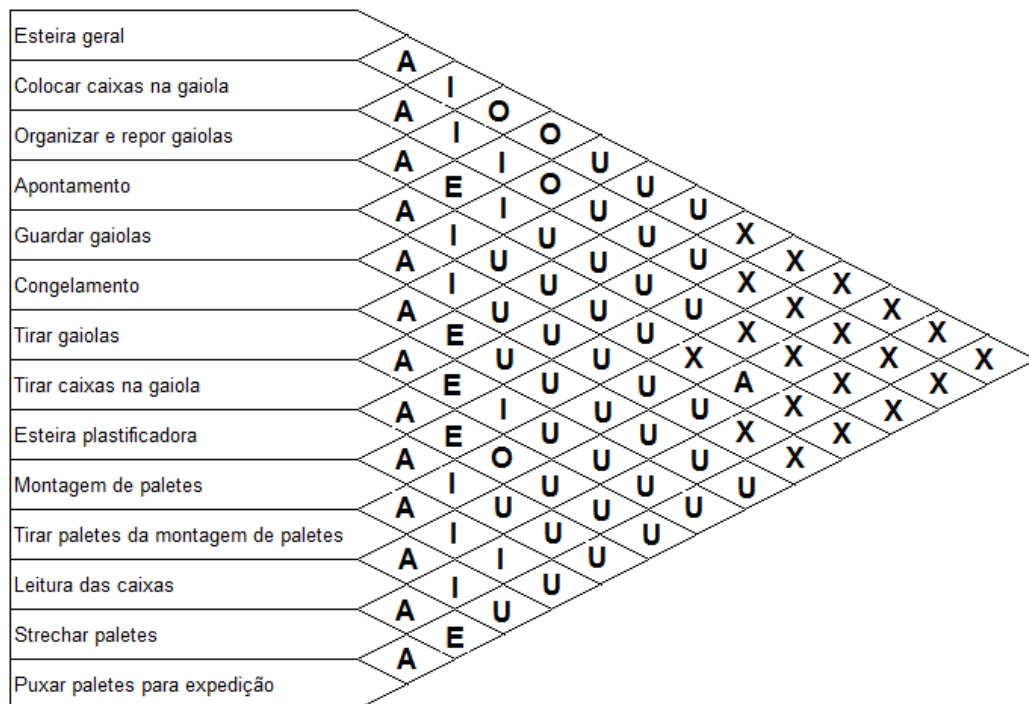


Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Com a Figura 37, consegue-se determinar a Curva ABC da Carrer Alimentos onde as famílias de produtos são divididas em três grupos, sendo: o grupo A representado pelas famílias de produtos A e B, já o grupo B representado pelas famílias de produtos C, D, E, F e G, e do grupo C representado pelas famílias de produtos H, I, J, K, L, M, N, O, P e Q.

O Diagrama demonstrado na Figura 38, representa as afinidades entre as diversas atividades executadas desde o setor de embalagem secundária até o setor de estocagem. Sendo “A” para a atividade de relação absolutamente necessária, “E” para atividade de relação especialmente necessária, “I” para a atividade de relação importante, “U” para atividade de relação sem importância e “X” para a atividade de relação indesejável. Um exemplo, pode ser visto com a atividade de “colocar caixas na gaiola parte superior” ela tem uma relação absolutamente necessária com a atividade de “colocar caixas na gaiola parte inferior” e uma relação especialmente necessária com a atividade “organizar e repor gaiolas”.

Figura 38 – Atividades executadas no processo de produção e suas respectivas afinidades



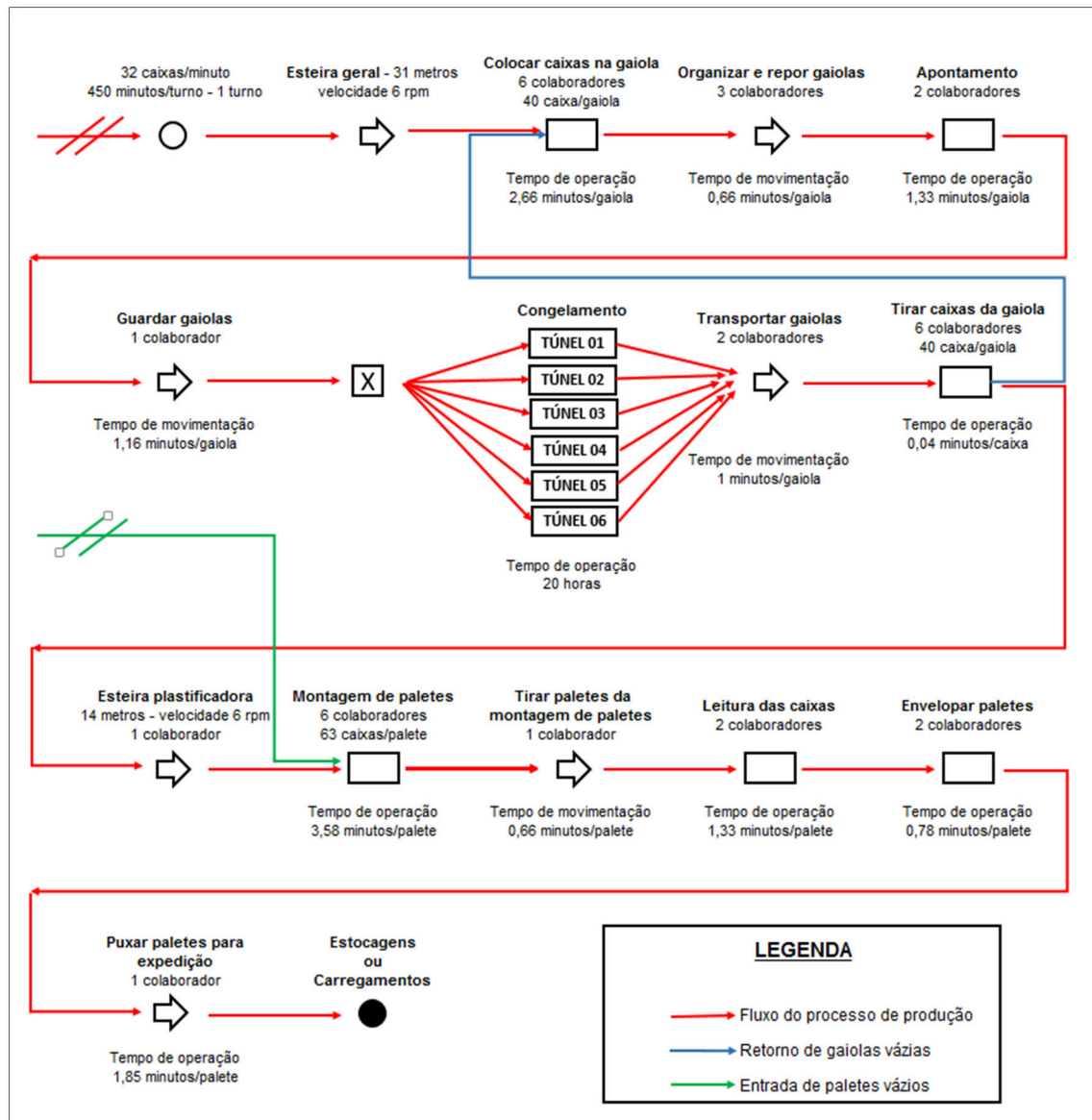
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Com os dados coletados na Carrer Alimentos e descritos neste capítulo, servem de base para a simulação do arranjo físico atual com o auxílio do *software* ProModel.

#### 4.2.1 Modelo conceitual atual dos setores de congelamento e expedição

O modelo conceitual é representado na Figura 39 e consiste na sequência lógica do processo de produção, com suas atividades, tempos de operação e movimentação, fluxo de produção, número de colaboradores utilizado nas atividades e outras informações pertinentes, visando para que qualquer outra pessoa possa entender o processo.

Figura 39 – Modelo conceitual atual utilizando a técnica IDEF-SIM



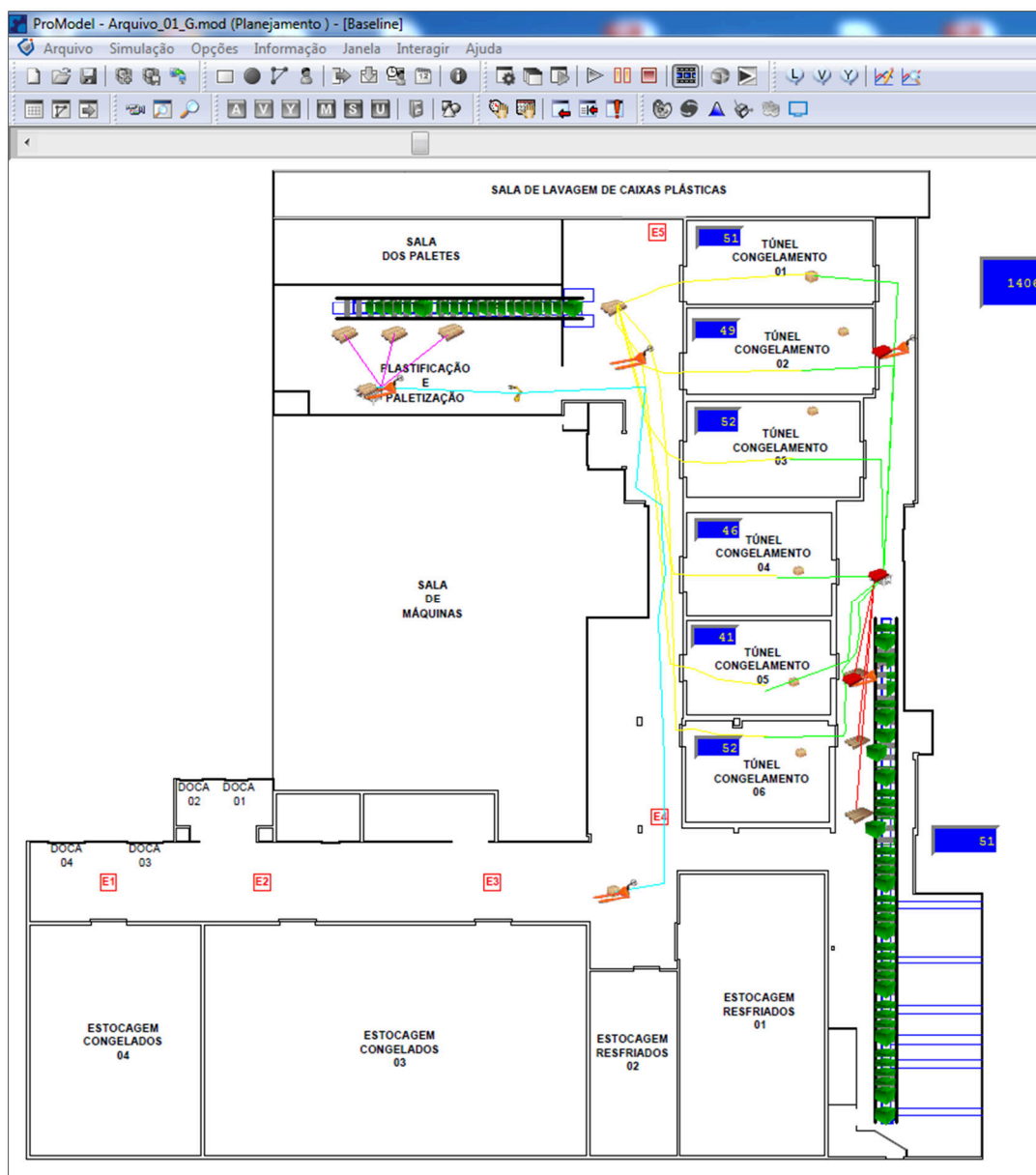
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Atualmente o abate é realizado durante 450 minutos, o que equivale em média de 32 caixas de produto/minuto que chegam a esteira geral, um total de 14.400 caixas/dia. As caixas são colocadas por 6 colaboradores nas gaiolas, um total de 40 caixas/gaiola. Para movimentar as gaiolas, são usadas 3 paleteiras que as transportam até o apontamento, onde as etiquetas das caixas são lidas com auxílio de leitor manual. Após este processo as gaiolas são levadas com auxílio de uma paleteira até os tuneis de congelamento, estes são cheios um por vez e permanecem com o produto durante 20 horas para o congelamento. No dia seguinte as gaiolas são retiradas com auxílio de paleteiras e levadas até perto da plastificadora, onde 6 colaboradores retirar as caixas das gaiolas. As caixas são colocadas em um esteira que passa

pela plastificadora e seladora continua, onde é passado o filme termoencolhível ao redor das caixas. Em seguida, as caixas são paletizadas, com auxílio de 6 colaboradores, conforme o código de cada item em paletes com 63 caixas. Os paletes são retirados e colocados para se realizar a leitura das caixas, onde se monta a etiqueta mãe do palete, após o palete é envelopado manualmente e levado com uma paleteira para estoque e/ou carregamento.

A Figura 40 representa o arranjo físico atual utilizado no Promodel e a visualização do *software* rodando a simulação conforme acontece na planta fabril e este respondendo conforme a realidade atual.

Figura 40 – Arranjo físico atual no *software* Promodel



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

### 4.3 Proposta de melhoria do arranjo físico

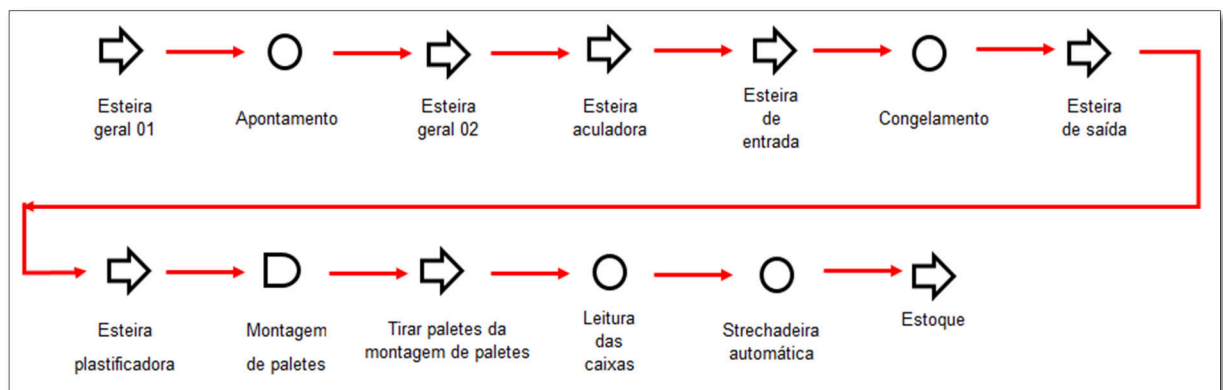
A proposta de melhoria do arranjo físico se baseia no estudo de implantação de um novo modelo de sistema de congelamento, mudando do atual sistema de congelamento por gaiolas para o sistema de congelamento contínuo, desde as esteiras de alimentação e saída do túnel automático, o túnel de congelamento automático, o setor de plastificação e paletização, até o setor de estocagem de produtos acabados.

Com o estudo se verificou o melhor local para construção do túnel de congelamento contínuo, em primeiro lugar é necessário uma área externa a planta fabril atual, e também pelo melhor fluxo de produção demonstrado no *software*. O novo arranjo necessita da utilização de duas plastificadoras/túnel de encolhimento para o melhor fluxo de caixas na saída do túnel e com isto uma maior espaço interno para este setor, também foi ampliado a área para separação das cargas, maior espaço para estocagem de produtos congelados, um maior número de docas para carregamento e foi adicionado uma *stretchadeira* automática. No novo arranjo físico foi incluído uma pesadora e leitora automática, que ajudará em uma maior precisão no peso das caixas e apontamento da produção.

As técnicas utilizadas para o estudo são as seguintes: fluxograma, mapofluxograma, cronometragens das atividades e diagrama de afinidades. Já o diagrama produto-quantidade e curva ABC, são os mesmos do arranjo atual.

A Figura 41 é demonstra o novo fluxograma de produção para a empresa em estudo, para os setores de embalagens secundárias, plastificação e paletização até o setor de estocagem.

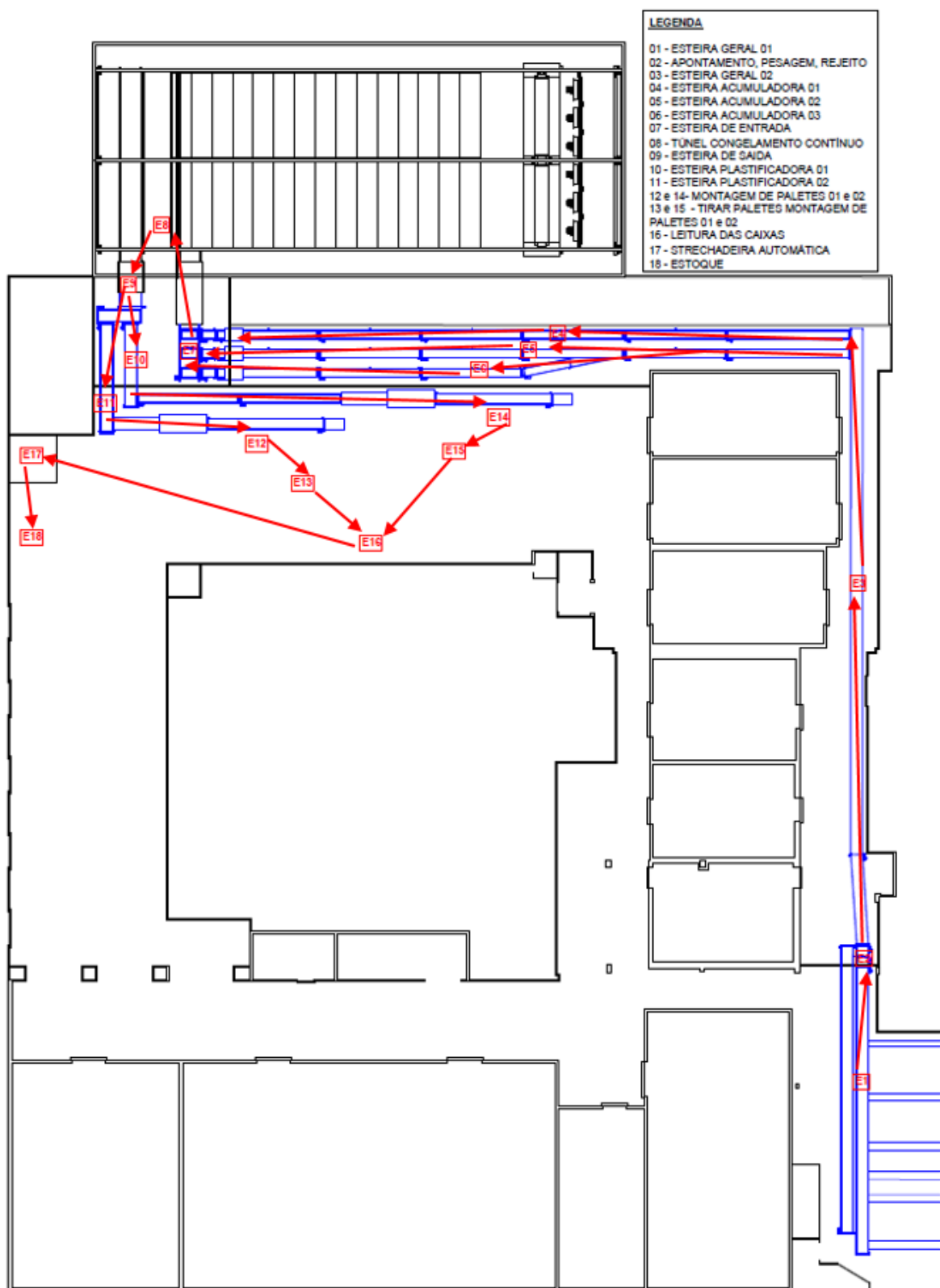
Figura 41 – Novo Fluxograma



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Na Figura 42 apresenta o novo mapofluxograma, onde é possível verificar o novo arranjo físico da empresa Carrer nos setores em estudo.

Figura 42 – Novo Mapofluxograma





É possível verificar o no fluxo de produto, que percorre desde a esteira geral 01, posteriormente passa pelo apontamento, após pela esteira geral 02, em seguida passam por uma das três esteiras acumuladoras e em seguida chegam ao túnel de congelamento contínuo, onde as caixas permanecem por 24 horas. No dia seguinte as caixas saem por esteiras, que são direcionadas para a esteira da plasticadora 01 ou 02, onde as caixas são passadas na plasticadora e no túnel de encolhimento, que posteriormente são paletizadas em códigos separadamente, montado a etiqueta paleta, envelopadas com auxílio de uma *streichadeira* automática e depois levados para as estocagens e/ou carregamento.

Conforme a Tabela 2, foi montado o novo fluxo de produção e estimado a cronometragem das atividades, e com isto a quantidade de colaboradores e os tempos médios de cada atividades executadas deste os setores de embalagens secundárias até congelamento. As atividades são realizadas em dois dias, pois o produto permanece por 24 horas no túnel de congelamento contínuo. Toda a movimentação desde a esteira geral 01, apontamento, esteira geral 02, as três esteiras acumuladoras, esteira de entrada, esteira de saída, esteiras da plasticadora e internamente no túnel são gerenciadas automaticamente por sensores e *software* que executam todas as atividades conforme programado.

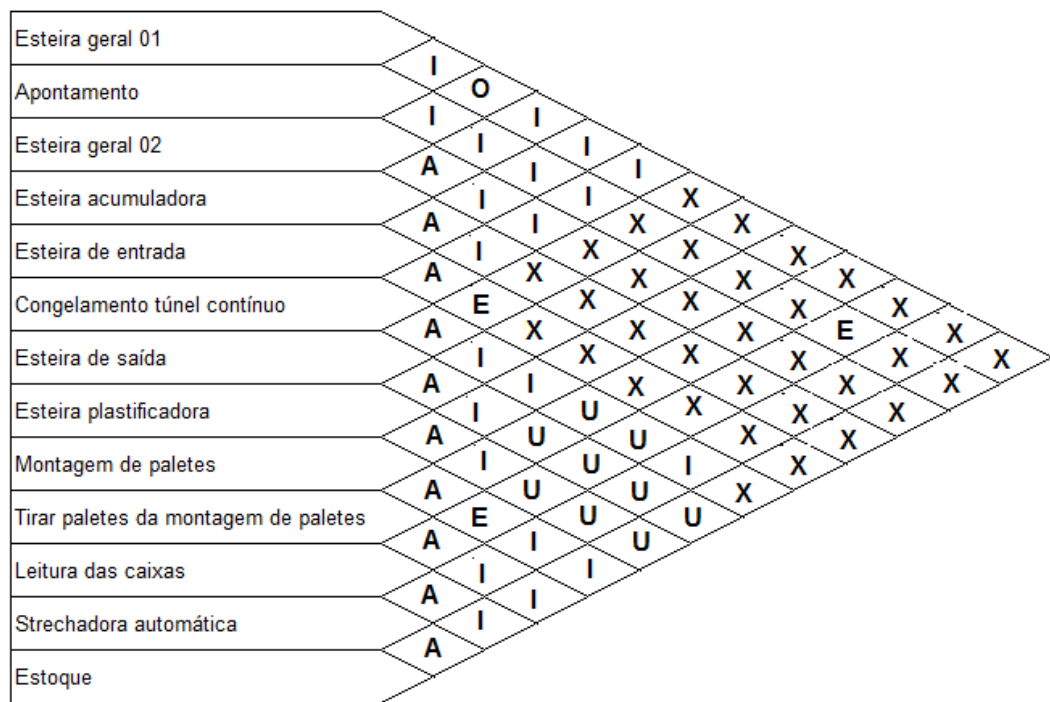
Tabela 2 - Fluxo do novo processo

Fluxo do novo processo	Quantidade de colaboradores	Tempo estimado (segundos/caixa)
Esteira geral 01		
Apontamento		
Esteira geral 02		
Esteira acumuladora 01		156
Esteira acumuladora 02		
Esteira acumuladora 03		
Esteira de entrada		
Congelamento Túnel Contínuo		86.400
Esteira de saída		
Esteira plasticadora 01		60
Esteira plasticadora 02		
Montagem de paletes 01	6	3,6
Montagem de paletes 02	6	3,6
Tirar paletes da montagem de paletes 01	1	0,6
Tirar paletes da montagem de paletes 02	1	0,6
Leitura das caixas	2	1,2
Streichadeira automática	1	0,6
Estoque	1	0,6

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A Figura 43 representa o novo Diagrama de afinidades entre as diversas atividades executadas desde o setor de embalagem secundária até o setor de estocagem. Sendo que a representação das letras do diagrama já descritas anteriormente. Um exemplo relevante, pode ser visto com a atividade de “apontamento” que tem uma relação especialmente importante com a atividade de “leitura das caixas”, em virtude de sua atividade ser de grande valia para o apontamento, se esta atividade não está sendo corretamente executada, pode ocasionar problema posterior na leitura das caixas.

Figura 43 – Atividades do novo processo de produção e suas respectivas afinidades



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

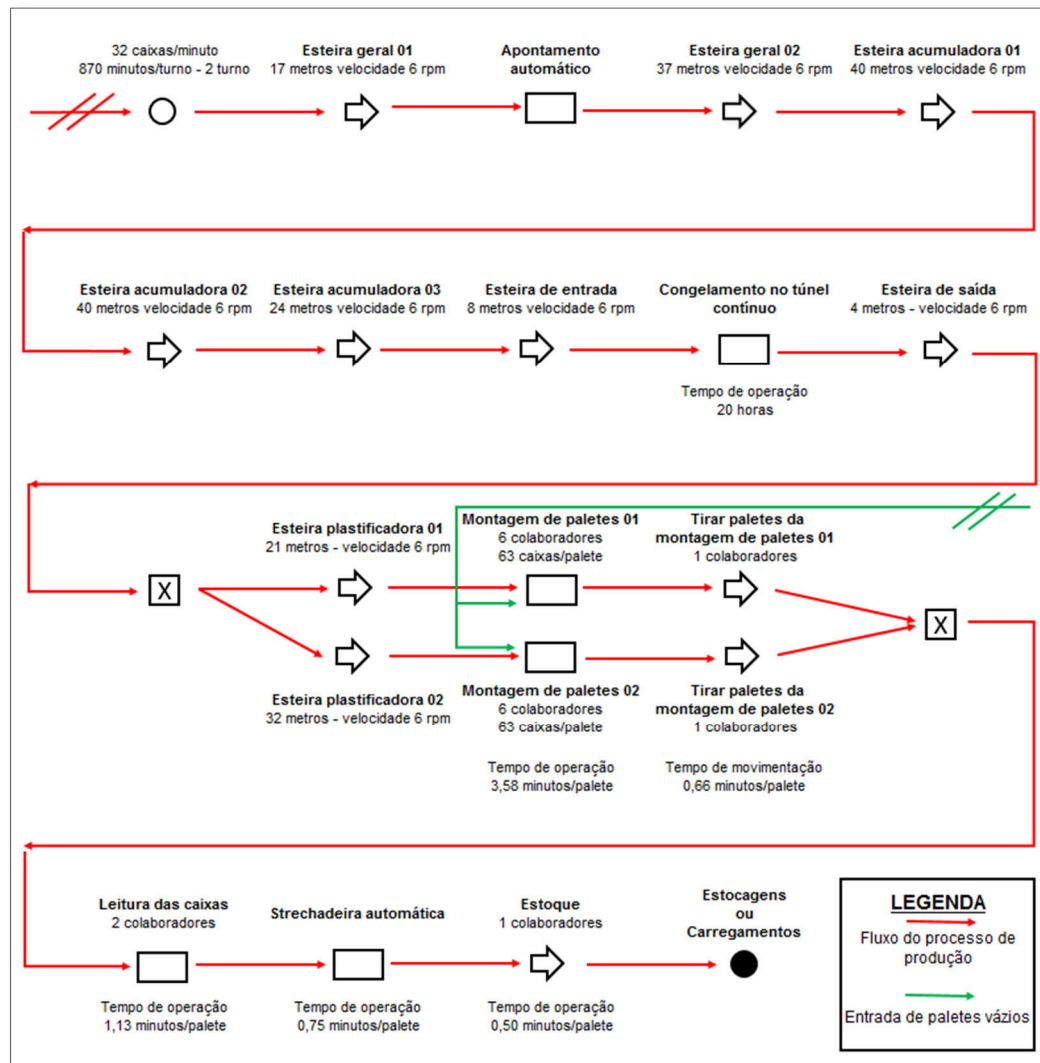
Os dados acima contidos no fluxograma, mapofluxograma, cronometragens das atividades e diagrama de afinidades do novo arranjo físico, e mais os dados diagrama produto-quantidade e curva ABC do arranjo atual, iram servir de base para a simulação do novo arranjo físico com o auxílio do *software* ProModel.

#### 4.3.1 Novo modelo conceitual dos setores de congelamento e expedição

Com os estudos realizados, se chegou num novo modelo conceitual, que é representado na Figura 44 e consiste na sequência lógica do novo processo de produção, com suas atividades, tempos de operação e movimentação, fluxo de produção, número de colaboradores utilizado nas atividades e outras informações pertinentes, visando para que

qualquer outra pessoa possa entender o novo processo de produção e novo arranjo físico para a empresa.

Figura 44 – Novo modelo conceitual utilizando a técnica IDEF-SIM



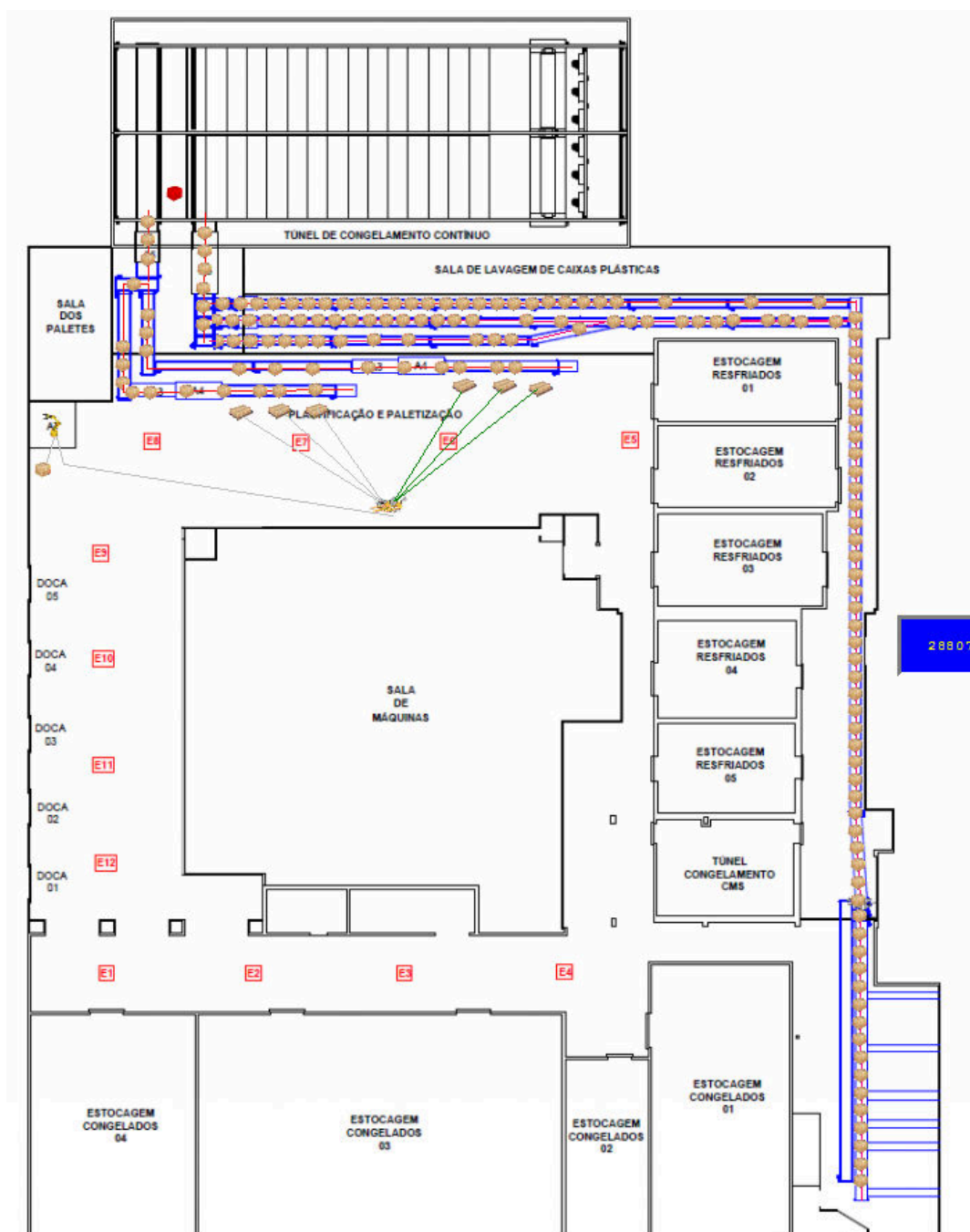
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

O novo arranjo físico foi estimado em um abate com duração em 870 minutos em dois turnos de abate, o que equivale em média de 32 caixas de produto/minuto que chegam a esteira geral 01, num total máximo de 27.840 caixas/dia. Todo o processo é automatizado, não necessitando de paleteiras e colaboradores antes do túnel de congelamento, onde as caixas permanecem durante 24 horas para o congelamento. No dia seguinte, as caixas saem por esteiras automáticas e são transportadas até as plastificadoras, onde as caixas passam em esteiras pela plastificadora e seladora contínua, onde é passado o filme termoencolhível ao redor das caixas. Em seguida, as caixas são paletizadas, com auxílio de 6 colaboradores, conforme o código do item em paletes de 63 caixas. Os paletes são retirados e colocados para

se realizar a leitura das caixas, onde se monta a etiqueta mãe do palete, após o palete é levado para a *stretchadeira* automática e em seguida levado para estoque e/ou carregamento, com auxílio de uma paleteira.

A Figura 45 representa o novo arranjo físico utilizado no Promodel e a visualização do *software* rodando a simulação, conforme acontece na nova representação da planta fabril e este respondendo conforme a realidade proposta para o novo arranjo físico.

Figura 45 – Novo arranjo físico no *software* Promodel



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

#### 4.4 Comparativo entre os dois cenários

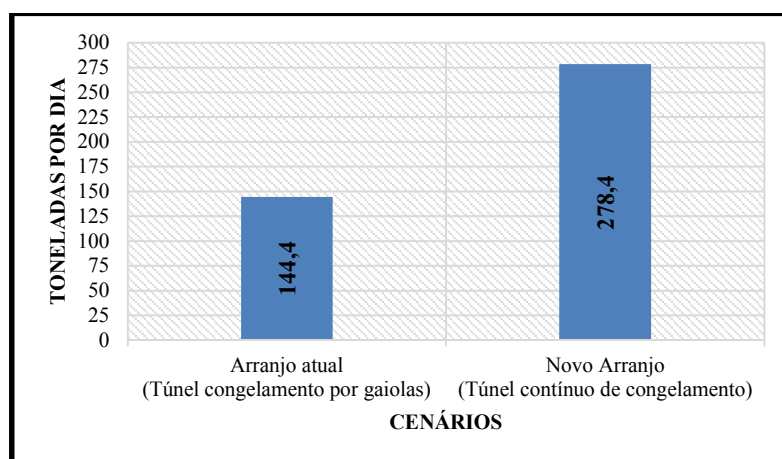
O comparativo entre o arranjo atual (sistema de congelamento por gaiola) e o novo arranjo físico (sistema contínuo de congelamento) é verificado através dos seguintes indicadores:

- Indicador de capacidade de produção;
- Indicador de faturamento anual;
- Indicador de número de colaboradores;
- Indicador de eficiência energética;
- Indicador de custo por quilo de produto congelado;
- Indicador *payback*.
- Indicador de distância total percorrida;
- Indicador de tempo de atravessamento;

##### 4.4.1 Indicador de capacidade de produção

A capacidade de produção é demonstrada nos Gráfico 6, onde se verifica a comparação do volume de abate diário dos dois arranjos físicos, em toneladas por dia.

Gráfico 6 – Volume de abate diário



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

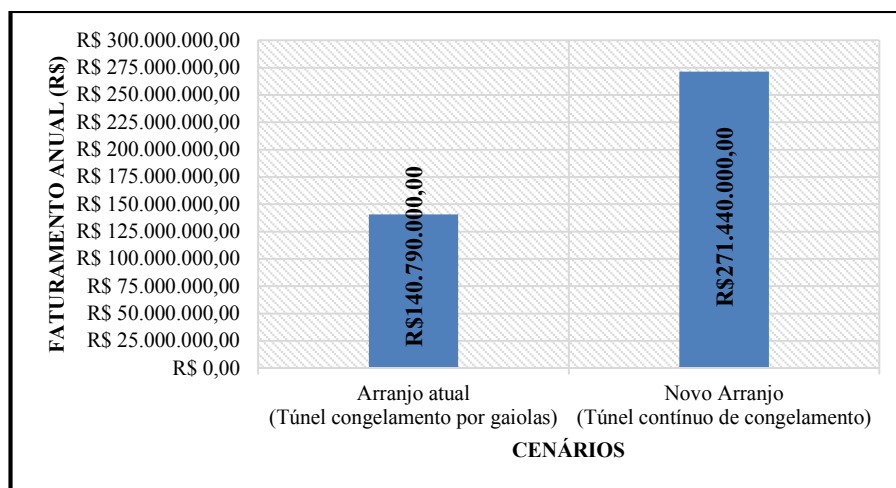
O arranjo físico atual possui o limite de congelamento de 144,4 toneladas de carne de aves por dia, ou seja, o abate diário de 64.000 aves com peso médio de 2,8 kg num turno. Já o novo arranjo físico simulado possui a uma capacidade de congelamento de 278,4 toneladas de carne de aves, que pode ser distribuída em dois turnos de abate/dia, viabilizando o abate diário de 122.600 aves.

O arranjo físico atual não pode operar em dois turnos, em virtude da falta de espaço físico (capacidade de congelamento) e possui a necessidade que o produto fique por 20 horas no túnel para congelamento. Já no novo arranjo físico terá uma melhora no sistema de congelamento, pois terá espaço para trabalhar em dois turnos e com isto, terá sua capacidade de congelamento ampliada em 134 toneladas (92,8% de ampliação).

#### 4.4.2 Indicador de faturamento

Com a capacidade de produção sendo ampliada conforme Gráfico 6, o novo arranjo físico terá o faturamento anual de R\$ 271.440.000,00, conforme demonstrado no Gráfico 7.

Gráfico 7 – Faturamento anual



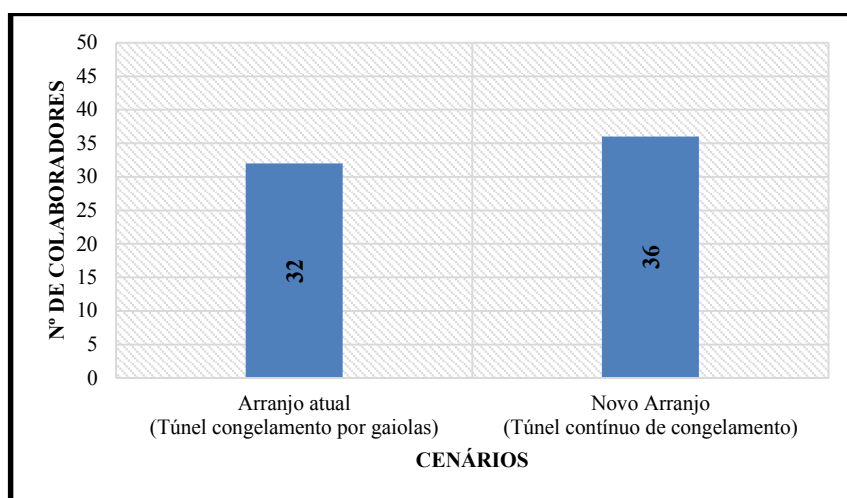
Fonte: Elaborado pelo autor (2017), a partir do preço de venda de R\$ 3,90/kg do frango congelado em 31/10/2017, do site: [www.noticiasagricolas.com.br/cotacoes/frango/2017-10-31](http://www.noticiasagricolas.com.br/cotacoes/frango/2017-10-31).

O faturamento do arranjo atual é de R\$ 140.790.000,00 e com o novo arranjo físico passará para R\$ 271.440.000,00, assim com o novo arranjo físico a empresa terá um aumento no faturamento de R\$ 130.650.000,00 (aumento de 92,8%), considerando 250 dias trabalhados/ano.

#### 4.4.3 Indicador de número de colaboradores

No Gráfico 8 pode ser conferida a simulação feita para o número de colaboradores nos dois arranjos físicos. O arranjo físico atual possui 32 colaboradores num turno de trabalho e o novo arranjo físico demandará 36 colaboradores em dois turnos de trabalho. Com isto é verificado que o novo arranjo físico necessitará de mais 4 colaboradores.

Gráfico 8 – Número de colaboradores



Fonte: Elaborado pelo autor (2017) a partir do custo de pessoal contabilizado no mês de julho/2017, que equivale a R\$ 3.199,40/colaborador.

O arranjo físico atual possui a capacidade produtiva de 2.888 toneladas distribuída em 20 dias trabalhados (144,4 toneladas/dia), sendo gastos R\$ 0,0354/kg ou um custo com mão-de-obra de R\$ 102.380,80. Já considerando o novo arranjo físico, operando em dois turnos, totalizando 5.568 toneladas/mês, distribuído em 20 dias trabalhados (278,4 toneladas/dia) tem-se um gasto de R\$ 0,0206/kg ou um custo com mão-de-obra R\$ 115.178,40.

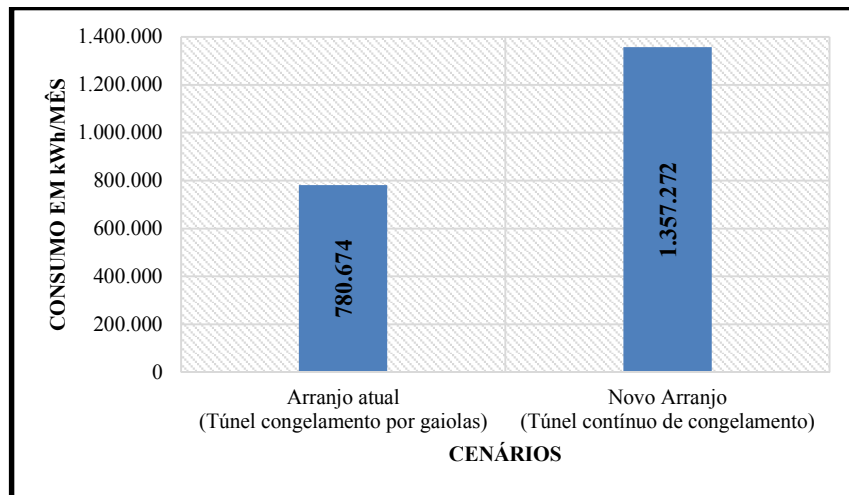
Assim quando comparado os dois arranjos, o novo arranjo físico possui um gasto mensal maior de R\$ 12.797,60. Mas quando se compara o custo de mão-de-obra/kg, o novo arranjo físico possui uma economia de R\$ 0,0147/kg.

#### 4.4.4 Indicador de eficiência energética

O comparativo entre os consumos energéticos mensais em um turno ou em dois turnos é expresso no Gráfico 9. O arranjo físico atual possui o consumo energético de 780.674 kWh/mês. Já o novo arranjo físico demanda um consumo estimado de 1.357.272 kWh/mês.

Com isto é verificado que o novo arranjo físico possui um consumo maior de 576.598 kWh/mês.

Gráfico 9 – Consumo energético mensal



Fonte: Elaborado pelo autor (2017) a partir do custo de R\$ 0,451/kWh contabilizado no mês de julho/2017.

O arranjo físico atual possui a capacidade produtiva de 2.888 toneladas distribuída em 20 dias trabalhados (144,4 toneladas/dia), sendo gastos 0,2703 kWh/kg ou um custo com energia de R\$ 352.083,97. Já considerando o novo arranjo físico operando em dois turnos, totalizando 5.568 toneladas/mês, distribuído em 20 dias trabalhados (278,4 toneladas/dia) tem-se um gasto de 0,2438 kWh/kg ou um custo com energia R\$ 612.129,67.

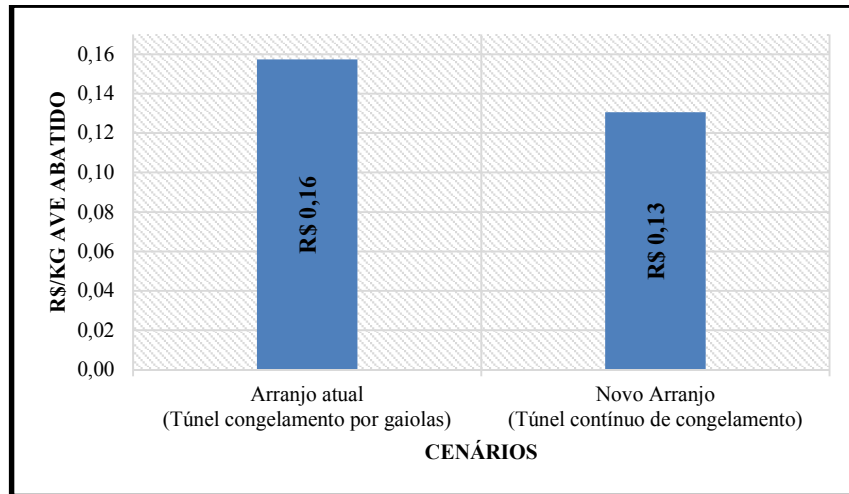
Assim quando comparado os dois arranjos, o novo arranjo físico possui um gasto mensal maior de R\$ 260.045,70. Mas quando se compara o custo de energia elétrica/kg, o novo arranjo físico possui uma economia de R\$ 0,0119/kg.

#### 4.4.5 Indicador de custo por quilo de produto congelado

O Gráfico 10 demonstra o custo de congelamento, que inclui o custo energético e a mão de obra. O arranjo físico atual possui o custo de congelamento de R\$ 454.464,77/mês (custo energético + mão-de-obra) ou R\$ 0,1574/kg (2.888 ton), já o novo arranjo físico possui o custo de congelamento de R\$ 727.308,07/mês (custo energético + mão-de-obra) ou R\$ 0,1306/kg (5.568 ton).



Gráfico 10 – Custo energético + mão-de-obra



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

No momento que se compara os dois arranjos, o novo arranjo físico possui um gasto mensal maior de R\$ 272.843,30. Mas quando se compara o custo/kg de congelamento, o novo arranjo físico possui uma economia de R\$ 0,0266/kg.

#### 4.4.6 Indicador *payback*

Na Tabela 3 são expressos os valores de aquisição e implantação do novo arranjo, sendo o valor total do investimento de R\$ 12.147.190,00.

Tabela 3 - Custo de implantação do novo arranjo físico

Produto	Valor (R\$)
Túnel contínuo	R\$ 9.382.740,00
Base túnel	R\$ 500.000,00
Resfriador de ar	R\$ 38.467,00
Separador de líquido	R\$ 94.431,00
Compressor parafuso	R\$ 1.136.104,00
Condensador	R\$ 220.000,00
Leitora+Pesadora+Rejeito	R\$ 200.000,00
Esteiras 220 metros	R\$ 350.000,00
Strechadeira	R\$ 36.950,00
Plastificadora + túnel de encolhimento	R\$ 113.000,00
Novo prédio 950 m²	R\$ 436.500,00
Outras despesas	R\$ 200.000,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 12.708.192,00</b>

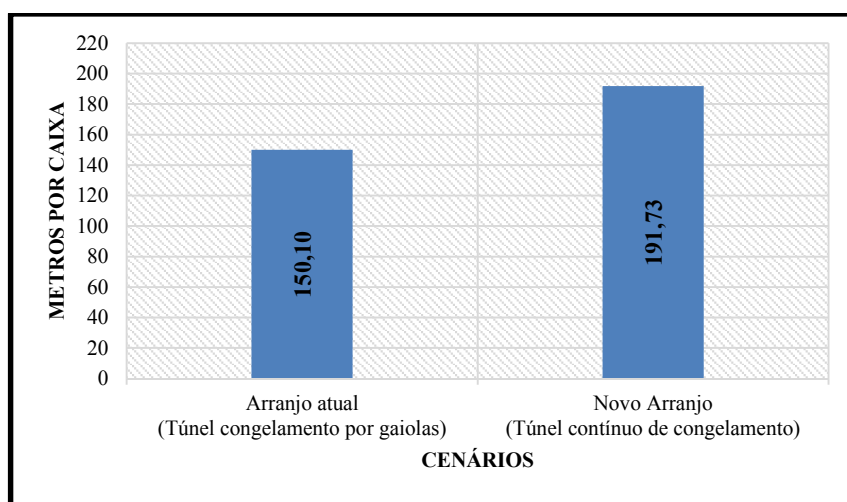
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

O *payback* do novo arranjo físico sobre o investimento será de 81,4 meses ou 6,78 anos (R\$ 12.147.190,00 dividido por R\$ 149.222,40).

#### 4.4.7 Indicador de distância total percorrida

A distância total percorrida é a medida total que uma caixa se desloca desde a esteira geral até o estocagem/carregamento. No arranjo atual esta medida é de 150,10 metros/caixa, no novo arranjo ficou em 191,73 metros/caixa. Este comparativo é demonstrado no Gráfico 11.

Gráfico 11 – Distância total percorrida por caixa



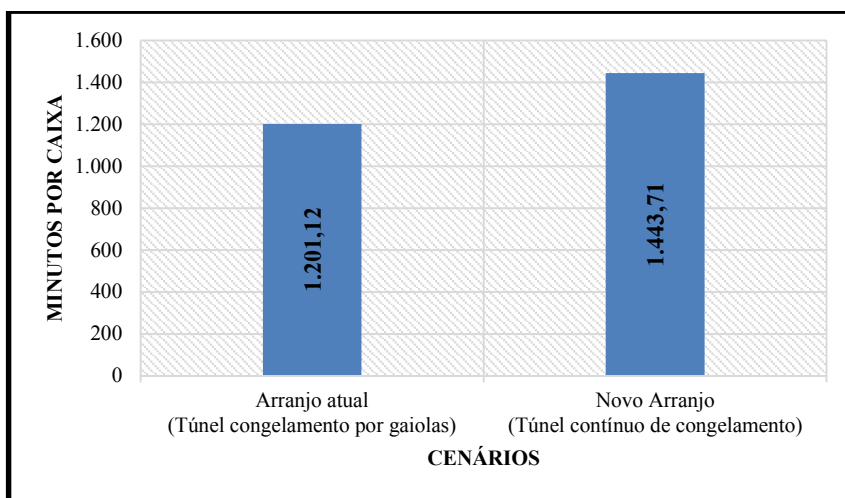
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

O acréscimo de 41,63 metros/caixa à distância total a ser percorrida no novo arranjo decorre da necessidade de ampliação do prédio existente e não causará impacto no processo pois demanda o uso de esteiras transportadoras, porém é um ponto negativo do novo arranjo.

#### 4.4.8 Indicador de tempo de atravessamento

O Gráfico 12 demonstra o comparativo do tempo de atravessamento, ou seja, o tempo que uma caixa leva para percorrer todo o sistema desde a esteira geral até o estocagem/carregamento. No arranjo atual esta medida é de 1.201,12 minutos/caixa, no novo arranjo físico o tempo de atravessamento é de 1.443,71 minutos/caixa.

Gráfico 12 – Tempo de atravessamento



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

O tempo de atravessamento do novo arranjo físico será de 242,59 minutos maior por caixa se comparado com o arranjo físico atual. Este aumento no tempo se dá em virtude da distância total percorrida e o tempo de congelamento serem maiores, mas este ponto é positivo, em virtude que o produto ficará mais tempo congelando durante o processo de produção e o novo arranjo será mais linear, sem paradas antes e após o congelamento.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as conclusões encontradas através do presente trabalho, visando o estudo do arranjo físico dos setores de congelamento e expedição de um determinado abatedouro de aves com auxílio da simulação eventos discretos.

O presente trabalho traz o referencial teórico coletado durante a pesquisa bibliográfica, desde os tipos de arranjo físicos, simulação de eventos discretos e sistemas de congelamento, visando uma melhor compreensão sobre os assuntos abordados, conforme citados por Tomelin (2010), Slack *et al.* (2008), Stecker e Jarbado (2002), Neumann e Scalice (2015), Chwif e Medina (2010) e Batemann (2013).

Com este estudo de caso, verificou-se a importância da análise do arranjo físico das plantas fabris, convergindo para as afirmações de Tomelin (2010). Apesar de tratar de um estudo determinado a uma empresa, pode ser refletido para outras empresas, com destaque para a importância da simulação de eventos discretos e a utilização dos *software* antes da implantação, de acordo com Batemann *et al.* (2013). O levantamento *in loco* e a pesquisa bibliográfica referente a simulação prévia à implantação levam as empresas a um conhecimento mais aprofundado sobre o melhor arranjo a ser aplicado, o que resulta na redução de erros e diminui a necessidade de rearranjos na planta fabril a curto prazo.

A implantação do novo arranjo físico (sistema de congelamento contínuo), possui *payback* de implantação de 6,78 anos e uma ampliação de faturamento de R\$ 130.650.000,00 ou 92,8%. Com isto a empresa em estudo terá diversas vantagens competitivas na implantação deste empreendimento em sua planta fabril, desde melhora significativa da qualidade do produto, ganhos financeiros, melhor eficiência energética, menor custo por quilo de produto congelado, aumento da automação do processo e melhoria no processo de produção.

O novo arranjo físico irá possuir um maior número de colaboradores para os setores em estudo e um maior consumo de energia elétrica, mas quando for comparado o custo por kg, terá uma redução de 41,52% na mão-de-obra/kg e de 9,84% de energia elétrica/kg.

A capacidade de produção (kg de aves congeladas) com o novo arranjo físico é ampliada em 92,8% e/ou o volume de aves abatidas aumenta 91,6%. Tal situação decorre do maior espaço para congelamento e da automatização do sistema. Isto também ocorre em virtude do segundo turno de produção adicionado ao novo arranjo físico, que antes não era possível em virtude de espaço físico de congelamento e o tempo de permanência no congelamento.

Somente será alterado o sistema de congelamento, o restante da unidade fabril não terá necessidade de ampliação, pois a unidade trabalhará em dois turnos de abate e com isto, pode utilizar os mesmos equipamentos de abate, só necessitando a contratação de novos colaboradores para realização das outras tarefas nos outros setores.

Contudo, este trabalho verifica que o tempo de atravessamento e a distância total percorrida serão maiores, pois possibilita que a unidade opere em dois turnos, com capacidade produtiva ampliada, o que no cenário atual é inviável. Isto acontece em virtude do novo arranjo físico proporcionar um sistema mais linear, sem paradas antes e após o congelamento, com maior tempo de congelamento.

Para trabalhos futuros, recomenda-se um estudo maior na correlação entre arranjo físico e a eficiência energética do sistema, pois o processo para redução de custos industriais e uma maior competitividade entre as empresas, está na eficiência energética da planta fabril com o arranjo físico adequando.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Eduardo L. **Introdução à pesquisa operacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2002.
- ANDRADE, Eduardo L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012.
- ANTUNES, Junico. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. 1. ed. Porto Alegre: Editora Bookmann, 2008.
- ASGAV. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.asgav.com.br/index.php/estatisticas>> Acesso em: 19 de março de 2017.
- BACCI, Lívio A. **Combinação de métodos de séries temporais para previsão de demanda no café no Brasil**. Minas Gerais: Dissertação de Mestrado na Universidade Federal de Itajubá, 2007.
- BARNES, Ralph M. **Estudo de movimentos e de tempos**. Projeto e medida de trabalho. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1963.
- BATEMAN, Robert; Bowden, Royce O.; Gogg, Thomas; Harrel, Charles R.; Mott, Jack R. A.; Montevechi, José A. B. **Simulação de sistemas: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2013.
- BIAGIO, Luiz Arnaldo. **Como administrar a produção: + curso on-line**. 1. ed. Baueri: Editora Monole, 2015.
- CAMLOFFSK, Rodrigo. **Análise de investimentos e viabilidade financeira das empresas**. 1. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2014.
- CHEMIN, Beatris F. **Manual da Univates para trabalhos acadêmicos: planejamento, elaboração e apresentação**. 3. ed. Lajeado: Univates, 2015. E-book. Disponível em: <[www.univates.br/biblioteca](http://www.univates.br/biblioteca)>. Acesso em: 20 de maio de 2017.
- CHWIF, Leonardo; Medina, Afonso C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria & aplicações**. 3. ed. São Paulo: Editora do autor, 2010.

CNA BRASIL. **Balanço 2016**. Disponível em: <[http://www.cnabrazil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/15\\_avicultura.pdf](http://www.cnabrazil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/15_avicultura.pdf)> Acesso em: 27 de maio de 2017.

ECONOMIA EM DIA. **Carne avícola**. Disponível em: <[https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset\\_carne\\_avicola.pdf](https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_carne_avicola.pdf)> Acesso em: 19 de março de 2017.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2003.

FRANCIS, R. L.; WHITE, J.A. **Facility Layout and Location – An Analytical Approach**. New Jersey: Prentice-Hall, 1974.

GERHARDT, Tatiana E.; Silveira, Denise T. **Planejamento e gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

LIMA, Osiran F.; Leite, João P.; Barbosa, Robson F.; Pereira, Daniel A.; Sousa, Francisco K. **Implantação de layout celular na montagem de cadernos em uma indústria do setor gráfico**. Belo Horizonte: Enegep, 2011.

MARCONI, Maria de A.; Lakatos, Eva M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

MARIN, Paulo S. **Data centers: desvendando cada passo: conceito, projeto, infraestrutura física e eficiência energética**. 1. ed. São Paulo: Editora Érica, 2011.

MARTINS, Petrônio G.; Laugen, Fernando P. **Administração da produção**. 1. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2003.

MEBRAFE. **Túnel contínuo de congelamento**. Disponível em: <<http://www.mebrafe.com.br/produtos/id/15/tunel-continuo-de-congelamento>> Acesso em: 27 de maio de 2017.

MIGUEL, Paulo A. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2010.

MIGUEL, Paulo A. C.; Fleury, Afonso; Mello, Carlos H. P.; Nakano, Davi N.; Turrioni, João B.; Ho, Linda L.; Morabito, Reinaldo; Martins, Roberto A.; Pureza, Vitória. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2010.

MOREIRA, Daniel A. **Administração da produção e Operações**. 2. ed. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2008.

NEGRI, Sônia T. D.; Marchiori, F.; Gonçalves, Elisangela R.; Slongo, Joviana S. C.; Pereira, Karina Z.; Favin, Marjana M. **Qualidade em alimentação: técnicas para congelamento**. 1. ed. Lajeado: Editora Univates, 2005.

NEUMANN, Clóvis; Scalice, Régis K. **Projeto de fábrica e layout**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2015.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. **Cotações**. Disponível em: < <https://www.noticiasagricolas.com.br/cotacoes/frango/2017-10-31> > Acesso em: 31 de outubro de 2017.

PERONI, Wilson. **Manual de estudo de tempos e movimentos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora CNI – Confederação Nacional da Indústria, S.D.

PORTER, Michael E. **Estratégias competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2004.

PORTER, Michael E. **Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 1989.

RITZMANN, Larry P.; Krajewski, Lee J. **Administração da produção e operações**. 1. ed. São Paulo: Editora Pearson Prentice Hall, 2004.

SELEME, Robson. **Automação da produção: uma abordagem gerencial**. 1. ed. Curitiba: Editora InterSaberes, 2013.

SLACK, Nigel; Chambers, Stuart; Johnston, Robert; Betts, Alan. **Gerenciamento de operações e de processos**. 1. ed. Porto Alegre: Editora Bookmann, 2008.

SLACK, Nigel; Chambers, Stuart; Johnston, Robert. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2009.

STOECKER, W. F.; Jabardo, J.M. **Refrigeração industrial**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2002.

TOMELIN, Maurício; Colmenero, João C.; **Método para definição de layout em sistemas job-shop baseado em dados históricos**. Ponta Grossa: Produção, 2010.



## **ANEXOS**

**ANEXO A – Autorização da empresa****TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DIVULGAÇÃO DE  
INFORMAÇÕES DE EMPRESAS**

**Empresa:** CARRER ALIMENTOS LTDA

**CNPJ:** 07.520.001/0007-00

**Inscrição Estadual:** 045/0090817

**Endereço completo:** VRS 813, KM 12,9 – Farroupilha/RS

**Representante da empresa:** Magno Milani

**Telefone:** (54) 3056-7600

**e-mail:** [magno@carreralimentos.com.br](mailto:magno@carreralimentos.com.br)

**Tipo de produção intelectual:** Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso Etapa II)

**Título/subtítulo:** ESTUDO DE ARRANJO FÍSICO DOS SETORES DE CONGELAMENTO E EXPEDIÇÃO EM ABATEDOURO DE AVES POR MEIO DA SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS.

**Autoria:** Rodrigo Luis Lagemann

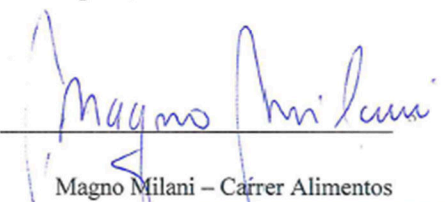
**Orientador:** Prof. William Jacobs

**Nome do Curso:** Engenharia de Produção

**Campus:** Universidade do Vale do Taquari – Univates

Como representante da empresa acima nominada, declaro que as informações e/ou documentos disponibilizados pela empresa para o trabalho citado podem ser publicados sem restrição.

Farroupilha, 14 de novembro de 2017.

  
\_\_\_\_\_  
Magno Milani – Carrer Alimentos  
**Carrer Alimentos Ltda.**  
Magno Milani  
CPF 502.271.900-25